

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-295108

(43)Date of publication of application : 15.10.2003

(51)Int.Cl.

G02B 27/02  
G02B 26/06  
G02B 26/10

(21)Application number : 2003-022871

(71)Applicant : BROTHER IND LTD

(22)Date of filing : 30.01.2003

(72)Inventor : WATANABE MITSUYOSHI  
YAMADA YOSHIHARU

(30)Priority

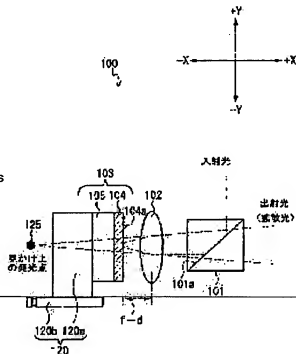
Priority number : 2002021756 Priority date : 30.01.2002 Priority country : JP

## (54) IMAGE DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image display device capable of giving a three-dimensional view closer to a natural feeling and further correcting fluctuation of aberration due to the individual difference of optical systems by representing a wavefront curvature in an image of a projected object in the image display device for directly projecting an image, etc., on the retina of an observer.

SOLUTION: A light beam made incident on a beam splitter 101 of a wavefront curvature modulating means 100 is reflected in the minus X direction, made incident on a movable mirror 103 through a convex lens 102, and reflected in the plus X direction by a reflection surface 104a moved to the position of a distance  $f-d$  by a piezoelectric actuator 105 to connect focus at the position where the light beam advances by a distance  $d$ , being made incident on the convex lens 102 again. The convex lens 102 deflects the laser beam, the laser beam with a wavefront curvature identical to a beam emitted from an apparent light emitting point 125 transmits the beam splitter 101 to be emitted from the wavefront curvature modulating means 100. A position adjusting means 120 perform fine adjustment of the position of the movable mirror 103.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.03.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] At least one light source and a modulation means to modulate the flux of light by which outgoing radiation is carried out according to a picture signal from the light source, A wave-front curvature modulation means to modulate the wave-front curvature of the flux of light modulated by the modulation means, A scan means to scan the flux of light modulated by the wave-front curvature modulation means, It is the image display device which is equipped with the optical means for carrying out incidence of the flux of light scanned by the scan means to an observer's pupil, and displays the image corresponding to said picture signal on said observer's retina. Said wave-front curvature modulation means An optical element, The image display device characterized by having a migration means to move the optical element in the direction of an optical axis of said flux of light.

[Claim 2] The polarization beam splitter which said optical element is a reflective means to reflect said flux of light, penetrates the linearly polarized light of a predetermined direction among the flux of lights modulated by said modulation means, and reflects the linearly polarized light of said predetermined direction and the direction which intersects perpendicularly, The condensing means which condenses the flux of light reflected or penetrated by the polarization beam splitter, and carries out incidence to said optical element, It is the image display device according to claim 1 which is equipped with the quarter-wave length plate formed between the condensing means and said polarization beam splitter, and is characterized by said quarter-wave length plate consisting of on the field which intersects perpendicularly in said direction of an optical axis pivotable.

[Claim 3] Said wave-front curvature modulation means is an image display device according to claim 1 or 2 characterized by having a justification means for adjusting the location of said optical element apart from said migration means.

[Claim 4] At least one light source and a modulation means to modulate the flux of light by which outgoing radiation is carried out according to a picture signal from the light source, A wave-front curvature modulation means to modulate the wave-front curvature of the flux of light modulated by the modulation means, A scan means to scan the flux of light modulated by the wave-front curvature modulation means, It has an optical means for carrying out incidence of the flux of light scanned by the scan means to an observer's pupil. It is the image display device characterized by having the optical element in which it is the image display device which displays the image corresponding to said picture signal on said observer's retina, and said wave-front curvature modulation means has two or more reflectors where locations differ to the direction of an optical axis of said flux of light.

[Claim 5] At least one light source and a modulation means to modulate the flux of light by which outgoing radiation is carried out according to a picture signal from the light source, A wave-front curvature modulation means to modulate the wave-front curvature of the flux of light modulated by the modulation means, A scan means to scan the flux of light modulated by the wave-front curvature modulation means, It has an optical means for carrying out incidence of the flux of light scanned by the scan means to an observer's pupil. It is the image display device characterized by being the image display device which displays the image corresponding to said picture signal on said observer's retina, and equipping said wave-front curvature modulation means with a focal distance [ in which a focal distance is changed in connection with a configuration or a physical-properties value change ] good light variation study component.

[Claim 6] Said wave-front curvature modulation means is an image display device according to claim 4 or 5 characterized by having a justification means for adjusting the location of said optical element or said focal distance good light variation study component.

[Claim 7] It is the image display device according to claim 3 or 6 which is equipped with a photodetection means to detect the light which penetrated the light which reflected said optical element, or said focal distance good light variation study component, and is characterized by said justification means adjusting the location of said optical element or said focal distance good light variation study component according to the location of the light detected by said photodetection means.

[Claim 8] Said wave-front curvature modulation means is an image display device given in claim 1 thru/or any of 7 they are. [ which is characterized by the location and an observer's pupil location it is arranged from said scan means at a light source side, and the flux of light carries out / a location / incidence on said scan means having a conjugate relation optically ]

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the image display device which scans the flux of light and projects a direct image on the retina of an eye.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, equipment which fixes the small liquid crystal display of 1 inch extent around etc. to a head strap etc., equips an observer's head with this, and offers an image etc. and which is called the so-called head mount display is known. As a means to offer the solid image in this equipment, the means of the stereoscopic vision by the difference of the angle of visibility of both eyes which displayed the image of the view which looked at the image of the view seen from the left eye from the right eye on the display for right eyes, respectively is used for the display for left eyes.

[0003] Said small liquid crystal display is functioning as a display using the liquid crystal of the property in which the directivity of the list of a crystal changes with impression of an electrical potential difference, by covering the color filter of three colors of the red who is the three primary colors of light, green, and blue. Light, such as a back light which itself does not emit light but penetrates liquid crystal through a color filter, is the light sources, and the image is expressed because a liquid crystal display penetrates or intercepts the light.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the physical relationship of this liquid crystal display and an observer's retina was fixed, and the image of the object by which incidence is carried out to an observer's eye turned into a stereoscopic model without a feeling of depth, though it was a stereo visually, and it had become the cause by which an observer sensed sense of incongruity.

[0005] It is made in order that this invention may solve the above-mentioned technical problem, stereoscopic vision near more natural feeling is made possible by expressing wave-front curvature in the image of the object which carries out incidence to an observer's eye using the retina scanning display which projects a direct image etc. on an observer's retina, and further, it is establishing a justification means and aims at realizing the image display device which can amend dispersion in the aberration by the delicate individual difference of optical system.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the image display device of invention concerning claim 1 At least one light source and a modulation means to modulate the flux of light by which outgoing radiation is carried out according to a picture signal from the light source, A wave-front curvature modulation means to modulate the wave-front curvature of the flux of light modulated by the modulation means, A scan means to scan the flux of light modulated by the wave-front curvature modulation means, It is the image display device which is equipped with the optical means for carrying out incidence of the flux of light scanned by the scan means to an observer's pupil, and displays the image corresponding to said picture signal on said observer's retina. Said wave-front curvature modulation means An optical element, It has a migration means to move the optical element in the direction of an optical axis of said flux of light.

[0007] With the image display device of this configuration, the wave-front curvature of the flux of light which carried out incidence to the wave-front curvature modulation means can be modulated because a migration means moves an optical element in the direction of an optical axis of the flux of light.

[0008] Moreover, the image display device of invention concerning claim 2 It adds to the configuration of invention according to claim 1. Said optical element The polarization beam splitter which is a reflective means to reflect said flux of light, penetrates the linearly polarized light of a predetermined direction among the flux of lights modulated by said modulation means, and reflects the linearly polarized light of said predetermined direction and the direction which intersects perpendicularly, The condensing means which condenses the flux of light reflected or penetrated by the polarization beam splitter, and carries out incidence to said optical element, Having the quarter-wave length plate formed between the condensing means and said polarization beam splitter, said quarter-wave length plate consists of on the field which intersects perpendicularly in said direction of an optical axis pivotable.

[0009] In addition to an operation of invention concerning claim 1, in the image display device of this configuration, a quarter-wave length plate can be rotated on the field which intersects perpendicularly with the direction of an optical axis.

[0010] Moreover, it has the justification means for the image display device of invention concerning claim 3 to adjust [ in addition to the configuration of invention according to claim 1 or 2 ] the location of said optical element apart from said migration means as for said wave-front curvature modulation means.

[0011] In addition to an operation of invention concerning claim 1 or 2, in the image display device of this configuration, a wave-front curvature modulation means can adjust the location of an optical element apart from a migration means with a justification means.

[0012] Moreover, the image display device of invention concerning claim 4 At least one light source and a modulation means to modulate the flux of light by which outgoing radiation is carried out according to a picture signal from the light source, A wave-front curvature modulation means to modulate the wave-front curvature of the flux of light modulated by the modulation means, A scan means to scan the flux of light modulated by the wave-front curvature modulation means, It has an optical means for carrying out incidence of the flux of light scanned by the scan means to an observer's pupil. It is the image display device which displays the image corresponding to said picture signal on said observer's retina, and said wave-front curvature modulation means is equipped with the optical element which has two or more reflectors where locations differ to the direction of an optical axis of said flux of light.

[0013] In the image display device of this configuration, the wave-front curvature of the flux of light which carried out incidence to the wave-front curvature modulation means can be modulated by the optical element which has two or more reflectors where locations differ to the direction of an optical axis of the flux of light.

[0014] Moreover, the image display device of invention concerning claim 5 At least one light source and a modulation means to modulate the flux of light by which outgoing radiation is carried out according to a picture signal from the light source, A wave-front curvature modulation means to modulate the wave-front curvature of the flux of light modulated by the modulation means, A scan means to scan the flux of light modulated by the wave-front curvature modulation means, It has an optical means for carrying out incidence of the flux of light scanned by the scan means to an observer's pupil. It is the image display device which displays the image corresponding to said picture signal on said observer's retina, and said wave-front curvature modulation means is equipped with the focal distance good light variation study component for which a focal distance is changed in connection with a configuration or a physical-properties value change.

[0015] In the image display device of this configuration, the wave-front curvature of the flux of light which carried out incidence to the wave-front curvature modulation means can be modulated by the focal distance good light variation study component for which a focal distance is changed in connection with a configuration or a physical-properties value change.

[0016] Moreover, said wave-front curvature modulation means is equipped with the justification means for the image display device of invention concerning claim 6 to adjust the location of said optical element or said focal distance good light variation study component in addition to the configuration of invention according to claim 4 or 5.

[0017] In addition to an operation of invention concerning claim 4 or 5, in the image display device of this configuration, a wave-front curvature modulation means can adjust the location of an optical element or a focal distance good light variation study component apart from a migration means with a justification means.

[0018] Moreover, in addition to the configuration of invention according to claim 3 or 6, the image display device of invention concerning claim 7 is equipped with a photodetection means detect the light which penetrated the light which reflected said optical element, or said focal distance good light variation study component, and said justification means has the composition characterized by to adjust the location of said optical element or said focal distance good light variation study component according to the location of the light detected by said photodetection means.

[0019] In addition to an operation of invention concerning claim 3 or 6, in the image display device of this configuration, a justification means can adjust the location of an optical element or a focal distance good light variation study component according to the location of the light detected by the photodetection means.

[0020] Moreover, in addition to the configuration of invention given in any [ claim 1 thru/or ] of 7 they are, the image display device of invention concerning claim 8 has composition characterized by for the location and an observer's pupil location it is arranged from said scan means at a light source side, and the flux of light carries out [ a location ] incidence on said scan means to have a conjugate relation optically as for said wave-front curvature modulation means.

[0021] In addition to an operation of invention concerning any [ claim 1 thru/or ] of 7 they are, in the image display device of this configuration, the location and an observer's pupil location where a wave-front curvature modulation means is arranged from a scan means to a light source side, and the flux of light on a scan means carries out incidence can be optically made conjugate relation.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of 1 operation of the image display device concerning this invention is explained with reference to a drawing. First, the configuration of the retina scanning display 1 concerning this invention is explained with reference to drawing 1. Drawing 1 is the whole block diagram showing the whole retina scanning display 1 configuration.

[0023] As shown in drawing 1, the light source unit section 2 for processing the video signal supplied from the outside is formed in the retina scanning display 1. The video signal from the outside is inputted into the light source unit section 2, the video-signal supply circuit 3 which generates each signal used as the element for compounding an image based on it is established in it, and a video signal 4, Horizontal Synchronizing signal 5, Vertical Synchronizing signal 6, and the depth signal 7 are outputted to it from this video-signal supply circuit 3. Moreover, the R laser driver 10 for driving the outgoing radiation R [ laser beam ]-respectively laser 13 based on each video signal of the red (R) and green (G) which are transmitted as a video signal 4 from the video-signal supply circuit 3, and blue (B), the G laser 12, and the B laser 11, respectively, the G laser driver 9, and the B laser driver 8 are formed in the light source unit section 2. Furthermore, the 1st collimation optical system 14 established so that the laser beam by which outgoing radiation was carried out from each laser might be collimated in parallel light, the dichroic mirror 15 which compounds the laser beam collimated, respectively, and the joint optical system 16 which leads the compounded laser beam to an optical fiber 17 are established. In addition, semiconductor laser and solid state laser, such as a laser diode, may be used as the R laser 13, the G laser 12, and B laser 11. Moreover, the light source unit section 2 is a modulation means in this invention.

[0024] Moreover, the 2nd collimation optical system 18 which collimates again the laser beam spread from the light source unit section 2 on the retina scanning display 1 in parallel light, The wave-front curvature modulation means 100 for modulating the collimated laser beam, The horizontal scanning system 19 which scans the modulated laser beam horizontally using polygon mirror 19a, The laser beam by which was scanned by the horizontal scanning system 19 and incidence was carried out through the 1st relay optical system 20 The vertical-scanning system 21 perpendicularly scanned using galvanomirror 21a is formed, and the 2nd relay optical system 22 is established so that incidence of the laser beam scanned by the vertical-scanning system 21 may be carried out to an observer's pupil 24. The laser beam to which image formation of the 2nd relay optical system 22 is carried out on galvanomirror 21a so that the laser beam to which image formation of the 1st relay optical system 20 is carried out on polygon mirror 19a of the horizontal scanning system 19, and the laser beam by which image formation is carried out on galvanomirror 21a of the vertical-scanning system 21 may serve as conjugate, and the laser beam by which image formation is carried out in the location of an observer's pupil 24 are respectively prepared so that it may become conjugate. In addition, the horizontal scanning system 19 and the vertical-scanning system 21 are the scan means in this invention, and the 1st relay optical system 20 and the 2nd relay optical system 22 are the optical means in this invention.

[0025] Furthermore, based on the depth signal 7 which the video-signal supply circuit 3 outputs, the drive circuit 23 is formed in order to make the wave-front curvature modulation means 100 drive. It connects with the video-signal supply circuit 3 respectively, and the horizontal scanning system 19 and the vertical-scanning system 21 are constituted so that a laser beam may be scanned respectively synchronizing with Horizontal Synchronizing signal 5 and Vertical Synchronizing signal 6 which are outputted from the video-signal supply circuit 3.

[0026] The wave-front curvature modulation means 100 consists of a beam splitter 101 which divides the laser beam which carried out incidence into the transmitted light and the reflected light reflected in the perpendicular direction of the transmitted light, a convex lens 102 which converges the laser beam reflected in the beam splitter 101, and a movable possible movable mirror 103 which reflects the laser beam which it converged on the convex lens 102 in the direction of incidence. The beam splitter 101 has constituted the cube-like configuration where two rectangular prisms with which dielectric multilayers were given to the slant face were stretched, in the slant-face 101a (refer to drawing 2), reflects about 50% of the quantity of light of incident light in the direction of a right angle, and penetrates about 50%.

[0027] Moreover, with the mirror 104 which has reflector 104a (refer to [drawing 2](#) ) which gave the mirror plane coat of a metal membrane to the front face of penetrable plates, such as glass, it consists of electrostrictive actuators 105 which carried out the laminating of the piezo-electric element of a piezo-electric mold, and an electrostrictive actuator 105 is driven by the driver voltage from the drive circuit 23 being impressed, and, as for the movable mirror 103, the physical relationship of the mirror 104 and convex lens 102 which were fixed to the electrostrictive actuator 105 is changed. To the mirror plane of a mirror 104, the movable direction of the movable mirror 103 is perpendicularly (X shaft orientations in [drawing 2](#) ), and it is constituted so that the optical axis of the laser beam which passes a beam splitter 101 and a convex lens 102 may be in agreement on a straight line. In addition, an electrostrictive actuator 105 is a migration means in this invention, and a mirror 104 is a reflective means in this invention.

[0028] Furthermore, the movable mirror 103 can be finely tuned now by rotating the screw of screw delivery jogging base 120b which was fixed to migration controller 120a of the justification means 120 which tunes the criteria location in the direction of an optical axis of the movable mirror 103 finely, and was fixed to migration controller 120a in the distance between a convex lens 102 and the movable mirror 103. This justification means 120 is established in order to perform adjustment for which an observer moves the movable mirror 103 to the location used as the movable criteria of the movable mirror 103, when driver voltage is not impressed to the electrostrictive actuator 105, or when the predetermined reference voltage for justification is impressed. Since each optical system has delicate individual difference, in order to make it the predetermined wave-front curvature of a laser beam serve as initial value in the location used as the movable criteria of the movable mirror 103, i.e., an initial valve position, fine tuning which moves the movable mirror 103 to an initial valve position is needed. This justification means 120 -- an observer's individual difference -- even if the focal locations of an eye differ, it can tune finely so that the effectiveness of the wave-front curvature modulation means 100 may be acquired similarly.

[0029] Next, a process after the image display device of the gestalt of 1 operation of this invention receives the video signal from the outside until it projects an image on an observer's retina is explained with reference to [drawing 1](#) .

[0030] As shown in [drawing 1](#) , if the video-signal supply circuit 3 established in the light source unit section 2 receives supply of the video signal from the outside, on the retina scanning display 1 of the gestalt of this operation, the video-signal supply circuit 3 will output the video signal 4 which consists of R video signal for making the laser beam of each color of red, green, and blue output, a G video signal, and a B video signal, Horizontal Synchronizing signal 5, Vertical Synchronizing signal 6, and the depth signal 7. The R laser driver 10, the G laser driver 9, and the B laser driver 8 output each driving signal to the R laser 13, the G laser 12, and the B laser 11 based on R video signal inputted respectively, G video signal, and B video signal. Based on this driving signal, the R laser 13, the G laser 12, and the B laser 11 generate a laser beam, respectively, and output each to the 1st collimation optical system 14. After being compounded so that each may be collimated by parallel light, incidence may be further carried out to a dichroic mirror 15 by this 1st collimation optical system 14 and it may become the one flux of light according to it, the laser beam generated from the point light source is drawn so that incidence may be carried out to an optical fiber 17 by the joint optical system 16.

[0031] In case outgoing radiation of the laser beam spread with the optical fiber 17 is carried out from an optical fiber 17, it is again collimated by the 2nd collimation optical system 18, and incidence is carried out to the wave-front curvature modulation means 100.

[0032] Here, the modulation of wave-front curvature is explained. Although spread as uniform velocity, the wave of the light which progresses by being in phase, and the so-called equistasis spherical wave to the omnidirection [light / which was emitted from the light source] centering on the light source, the radius of curvatures which the spherical wave has according to the distance of the light source and an observer differ. If the light source is near and the light source as an image with small radius of curvature is far, incidence will be carried out to an observer's eye as an image with large radius of curvature. An observer can recognize gap of this radius of curvature, and can sense depth perception. By this invention, it makes it possible to provide an observer with the stereoscopic vision near more natural feeling by modulating artificially, the curvature, i.e., the wave-front curvature, of a spherical wave of this light, and expressing with an image etc. About a wave-front curvature modulation means 100 to realize the modulation of this wave-front curvature, it mentions later.

[0033] Incidence of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the wave-front curvature modulation means 100 is carried out to plane-of-polarization 19b of polygon mirror 19a of the horizontal scanning system 19. The rate of uniform rotation is adjusted so that polygon mirror 19a may synchronize with Horizontal Synchronizing signal 5 which rotational speed is computed based on BD (Beam Detector) signal outputted by the photosensor besides illustration, and the video-signal supply circuit 3 outputs based on this BD signal. The laser beam which carried out incidence to plane-of-polarization 19b of polygon mirror 19a is scanned horizontally, and outgoing radiation is carried out through the 1st relay optical system 20 to plane-of-polarization 21b of

galvanomirror 21a of the vertical-scanning system 21. In the 1st relay optical system 20, it is adjusted so that the image by which image formation is carried out on plane-of-polarization 19b of polygon mirror 19a, and the image by which image formation is carried out on plane-of-polarization 21b of galvanomirror 21a may serve as conjugate relation, and the failure by the field of polygon mirror 19a is amended. Like polygon mirror 19a, galvanomirror 21a is carrying out both-way vibration so that plane-of-polarization 21b may reflect incident light perpendicularly synchronizing with Vertical Synchronizing signal 6, and a laser beam is perpendicularly scanned by this galvanomirror 21a. Incidence of the laser beam scanned perpendicularly two-dimensional is carried out from an observer's pupil 24 by horizontal and the 2nd relay optical system 22 established so that the image which carried out image formation on plane-of-polarization 21b of galvanomirror 21a, and the image which carries out image formation in the location of an observer's pupil 24 might serve as conjugate relation, and it is projected by the horizontal scanning system 19 and the vertical-scanning system 21 on a retina. An observer can recognize an image by the laser beam which the two-dimensional scan was carried out in this way, and was projected on the retina.

[0034] Next, with reference to [drawing 2](#) and [drawing 3](#) , the approach of the modulation of the wave-front curvature in the retina scanning display 1 is explained. [Drawing 2](#) and [drawing 3](#) are the mimetic diagrams showing the mode by which a laser beam is modulated with the wave-front curvature modulation means 100.

[0035] As shown in [drawing 2](#) , incidence of the laser beam collimated by the 2nd collimation optical system 18 (refer to [drawing 1](#) ) at parallel light is carried out to the beam splitter 101 of the wave-front curvature modulation means 100 in the direction of -Y as incident light. It is reflected by slant-face 101a, and about 50% of the quantity of light of the laser beam by which incidence was carried out carries out incidence to the convex lens 102 prepared in the reflective direction (the direction of -X). By the way, screw delivery jogging base 120b of the justification means 120 is beforehand operated by the observer, and is adjusted so that it may be fixed to the location where reflector 104a of the mirror 104 of the movable mirror 103 separated only distance f from the drive circuit 23 shown in [drawing 1](#) to the principal point of a convex lens 102 when the driver voltage impressed to an electrostrictive actuator 105 was 0 or a predetermined reference value. When the distance between reflector 104a and the principal point of a convex lens 102 is f, it is refracted with a convex lens 102, and converges, and the laser beam which carried out incidence connects a focus to a convex lens 102 on reflector 104a. In this case, a laser beam is reflected in incident light and the direction of the same axis by reflector 104a (the direction of +X), and the laser beam which was convergence light on the occasion of the incidence to a mirror 104 turns into the

diffused light after reflection, and carries out incidence to a convex lens 102 again.

[0036] Since the diffused light which is reflected in the direction of +X by reflector 104a, and carries out incidence to a convex lens 102 has whenever [ same angle-of-divergence / as the convergence include angle of the convergence light which the convex lens 102 converged ] before being reflected in reflector 104a, and the same optical path is passed in the still more nearly same optical system as the time of convergence, this diffused light will be refracted at the include angle same at the time of passage of a convex lens 102 as the time of convergence, and will be collimated by parallel light. Incidence of the laser beam collimated by parallel light is again carried out to a beam splitter 101, about 50% of the quantity of light passes slant-face 101a, and outgoing radiation of it is carried out to the incident light from the 2nd collimation optical system 18 in the direction (the direction of +X) which constitutes a right angle as an outgoing radiation light from the wave-front curvature modulation means 100.

[0037] Moreover, if the predetermined driver voltage from the drive circuit 23 (refer to drawing 1 ) is impressed as shown in drawing 3 , an electrostrictive actuator 105 will drive and the movable mirror 103 will be moved in the direction of +X by this drive. In this case, the distance of reflector 104a of a mirror 104 and the principal point of a convex lens 102 is changed to f-d. Like the above-mentioned case, the about 50% is reflected in the direction of -X by slant-face 101a of a beam splitter 101, and incidence of the laser beam which is incident light by which incidence was carried out in the direction of -Y as an parallel light from the 2nd collimation optical system 18 is carried out to a convex lens 102. Outgoing radiation of the convex lens 102 is carried out in the direction of -X so that it may be refracted and the laser beam by which incidence was carried out may be completed from +X, but since reflector 104a of the mirror 104 of the movable mirror 103 is moved to the location only with the d near a convex lens 102 from the focal distance f which a convex lens 102 has, on reflector 104a, it does not converge a laser beam. A laser beam carries out incidence of the focus to an epiglobe and a convex lens 102 again in the location to which only distance d went, i.e., a location with a distance of f-2d, after being reflected in the direction of +X by reflector 104a.

[0038] Although the laser beam by which incidence was carried out is made refracted in the direction which converges the breadth, since there is no fluctuation about the refractive index of convex lens 102 the very thing, as for a convex lens 102, the convex lens 102 which collimates the light emitted from the location of a focal distance f in parallel light cannot collimate in parallel the light emitted in a location with a distance of f-2d. Therefore, whenever [ angle-of-divergence / of a laser beam ] is not collimated by parallel light although it becomes small, but the laser beam which connected the focus with the distance of f-2d is carrying out incidence to a convex lens 102, and incidence of the laser beam which passed the convex lens 102 is carried out to a beam splitter 101, with whenever [ after passage of a convex lens 102 / angle-of-divergence / maintained ]. Outgoing radiation of the laser beam which carried out incidence to the beam splitter 101 is carried out in the direction of +X as the diffused light, the about 50% of passing slant-face 101a, and maintaining whenever [ angle-of-divergence ]. Unlike the laser beam which has whenever [ predetermined angle-of-divergence ] as an outgoing radiation light, i.e., parallel light, the wave-front curvature modulation means 100 carries out outgoing radiation of the laser beam as the diffused light with big wave-front curvature.

[0039] The wave-front curvature on this plane-of-polarization 19b of the laser beam by which outgoing radiation is carried out from the wave-front curvature modulation means 100 as the diffused light, and incidence is carried out to plane-of-polarization 19b of polygon mirror 19a of the horizontal scanning system 19 shown in drawing 1 turns into wave-front curvature equivalent to the light emitted from the point 125 on appearance emitting light. Moreover, the wave-front curvature on plane-of-polarization 19b of polygon mirror 19a of the parallel light by which outgoing radiation is carried out when the distance of reflector 104a and the principal point of a convex lens 102 is f turns into wave-front curvature equivalent to the light emitted from infinite distance. The image in which image formation is carried out by the 1st relay optical system 20 on plane-of-polarization 19b of polygon mirror 19a, and the image by which image formation is carried out on plane-of-polarization 21b of galvanomirror 21a here Moreover, since each relay optical system is established so that the image in which image formation is carried out by the 2nd relay optical system 22 on plane-of-polarization 21b of galvanomirror 21a, and the image by which image formation is carried out in the location of an observer's pupil 24 may serve as conjugate relation, respectively The image by which image formation is carried out on plane-of-polarization 19b of polygon mirror 19a, and the image by which image formation is carried out in the location of an observer's pupil 24 have a conjugate relation. Therefore, the wave-front curvature of the laser beam on plane-of-polarization 19b of polygon mirror 19a becomes the same as the wave-front curvature in the location of an observer's pupil 24.

[0040] If an observer doubles a focus with the point 125 on the appearance of the laser beam which carried out incidence into the eye emitting light from a pupil 24, image formation of the laser beam will be carried out on an observer's retina. By the way, since an observer can identify the difference in the wave-front curvature of a laser beam by focus doubling actuation (the so-called

accommodation), an observer can recognize the depth perception based on the difference in the wave-front curvature of a laser beam. That is, it senses that the laser beam with large wave-front curvature was emitted from the near location, and it is sensed that the laser beam with small wave-front curvature was emitted from the distant location. Therefore, it is recognized as the point of a laser beam emitting light existing in the location which sees in an observer in this case and is equivalent to the distance of the upper point 125 emitting light and plane-of-polarization 19b [ \*\*\*\* / the location of a pupil 24 ].

[0041] Supposing the focal distance of the convex lens 102 of the wave-front curvature modulation means 100 is 4mm, the wave-front curvature modulation means 100 can express the depth perception of about 30cm - infinite distance only by performing \*\*\*\* whose movable mirror 103 is about 30 micrometers. Moreover, when the focal distance of a convex lens 102 is 2mm, \*\*\*\* whose movable mirror 103 is about 10 micrometers is only performed, and the wave-front curvature modulation means 100 can express the depth perception of about 30cm - infinite distance. For example, when the laser beam of the flux of light of the abbreviation parallel with small wave-front curvature is scanned and incidence is carried out to an eye, an observer can recognize as a screen shown on the screen of dozens of m distant place, and when a laser beam with large wave-front curvature is scanned and incidence is carried out to an eye, an observer can recognize as a screen shown on the screen of dozens of cm beyond.

[0042] As explained above, on the retina scanning display 1 of the gestalt of this operation, R and G which were generated based on R and G which the video-signal supply circuit 3 outputted, and B each video signal, and B each laser beam are compounded, and incidence is carried out to the wave-front curvature modulation means 100. The wave-front curvature modulation means 100 modulates the wave-front curvature of the laser beam by which incidence was carried out, and it carries out outgoing radiation to the horizontal scanning system 19. The horizontal scanning system 19 scans horizontally the laser beam by which incidence was carried out, and it carries out outgoing radiation to the vertical-scanning system 21, and the vertical-scanning system 21 scans perpendicularly the laser beam by which incidence was carried out, and it carries out incidence to an observer's pupil 24. An observer can identify the difference in the wave-front curvature of a laser beam by which incidence was carried out, and can recognize depth perception.

[0043] In addition, this invention is not limited to the gestalt of said operation, and various kinds of deformation is possible for it. The modification of this invention is explained with reference to drawing 4 thru/ or drawing 14 . Drawing 4 and drawing 5 are drawings showing the modification to which the Rhine CCD (Charge Coupled Device) sensor 401 is formed on the optical path by the side of incident light, and adjustment of the criteria location of the movable mirror 103 by the above-mentioned justification means 120 was

made to be carried out automatically based on the output value. Drawing 6 is a flow chart which shows control of the migration of the justification means 120 performed based on the output value of the Rhine CCD sensor 401. Drawing 7 is drawing showing the modification of the wave-front curvature modulation means 100 at the time of using a polarization beam splitter 106 instead of a beam splitter 101. Drawing 8 is a mimetic diagram for explaining the polarization direction of the laser beam which passes the quarter-wave length plate 107. Drawing 9 is a mimetic diagram for explaining the polarization direction of the laser beam which passes the quarter-wave length plate 107 which rotated. Drawing 10 and drawing 11 are drawings showing the modification of the wave-front curvature modulation means 100 at the time of using the movable multistage mirror 111 instead of the movable mirror 103. Drawing 12 is the whole block diagram showing the whole retina scanning display 1 configuration at the time of using a variable-focus lens 301 instead of the movable mirror 103. Drawing 13 and drawing 14 are drawings showing the modification at the time of using a variable-focus lens 301 instead of the movable mirror 103.

[0044] The modification shown in drawing 4 and drawing 5 is a modification at the time of forming the Rhine CCD sensor 401 on the optical path of the laser beam by the side of incident light, and controlling the justification means 120 based on the output value of the Rhine CCD sensor 401. As shown in drawing 4 and drawing 5, when the driver voltage impressed to an electrostrictive actuator 105 from the drive circuit 23 (refer to drawing 1) is 0 or a predetermined reference value, in this modification, the location of the movable mirror 103 is automatically adjusted so that the distance of reflector 104a and the principal point of a convex lens 102 may be set to  $f$ . This adjustment is performed by the justification means 120 fixed to the movable mirror 103. The justification means 120 is formed of migration controller 120a and pulse motor jogging base 120c, and the electrostrictive actuator 105 of the movable mirror 103 is being fixed to migration controller 120a fixed to pulse motor jogging base 120c. In addition, the Rhine CCD sensor 401 is a photodetection means in this invention.

[0045] Moreover, the Rhine CCD sensor 401 is formed in the location of distance L2 from the beam splitter 101 on the basis of the passage location of the optical axis of a laser beam at the incident light side of a beam splitter 101. Pulse motor jogging base 120c is connected to this Rhine CCD sensor 401 through the pulse motor jogging base mechanical component 404, the mirror position control section 403, and the CCD output reading section 402.

[0046] It is reflected in the direction of  $-X$  by slant-face 101a of a beam splitter 101, and incidence of the laser beam which carried out incidence to the wave-front curvature modulation means 100 in the direction of  $-Y$  as incident light is carried out to the convex lens 102 prepared in the location distant from the optical-axis passage location of the laser beam of the slant-face 101a distance L1. It is reflected in the direction of  $+X$  by reflector 104a of a mirror 104 located in the distance of distance  $f$ -d in the example shown in distance  $f$  and drawing 5 in the example shown in drawing 4, and the laser beam which passed the convex lens 102 re-passes a convex lens 102, and it carries out re-incidence to a beam splitter 101. Although a laser beam is penetrated in the direction of  $+X$  in the about 50% by slant-face 101a, it is reflected in an incident light side (the direction of  $+Y$ ) the about 50%. The Rhine CCD sensor 401 is formed so that this reflected laser beam can be read.

[0047] In addition, the laser beam by which outgoing radiation is carried out from the wave-front curvature modulation means 100, i.e., outgoing radiation light, progresses in the direction of  $+X$  in drawing, and it carries out image formation by plane-of-polarization 19b of polygon mirror 19a of the horizontal scanning system 19 shown in drawing 1. In this case, distance of slant-face 101a and plane-of-polarization 19b is set to L3 on the basis of the passage location of the optical axis of a laser beam which can be set. Since it is adjusted by the 1st relay optical system 20 and the 2nd relay optical system 22 so that plane-of-polarization 19b and an observer's pupil 24 may serve as conjugate relation optically, the wave-front radius of curvature of the laser beam in the location of an observer's pupil 24 is regarded as wave-front radius of curvature in the location of plane-of-polarization 19b.

[0048] Two or more CCD components (outside of illustration) are installed successively by the Rhine CCD sensor 401, and a laser beam and its quantity of light can be detected in each CCD component. From a beam splitter 101, by the Rhine CCD sensor 401, the quantity of light is read and, as for the laser beam reflected in the incident light side (the direction of  $+Y$ ), the detection value is outputted to the CCD output reading section 402. By the way, a laser beam is the flux of light from which the quantity of light falls gradually in the beam edge. The CCD output reading section 402 reads the predetermined reference value of the quantity of light in the core of the flux of light, i.e., an optical axis, for example, the location used as  $1/e^2$ , based on the output from each CCD component, outputs it to the mirror position control section 403, and determines the beam diameter of the laser beam for the location as an edge of a beam in the mirror position control section 403. The mirror position control section 403 performs the operation for driving pulse motor jogging base 120c based on the determined beam diameter, and outputs the signal based on the result to the pulse motor jogging base mechanical component 404. The pulse motor jogging base mechanical component 404 is generating the driver voltage for making pulse motor jogging base 120c drive based on the inputted signal, and moving pulse motor jogging base 120c to  $X$  shall orientations, the movable mirror 103 fixed to pulse motor jogging base 120c through migration controller 120a is also moved, and the location is controlled. Each processing of this control is explained in detail with reference to the flow chart of drawing 6. Hereafter, each step of a flow chart is written as "S."

[0049] As shown in drawing 6, on the retina scanning display 1, "inputting the set point R of a virtual-image presentation location" is made by the input means besides illustration (S1). Although it is the initial value of the wave-front radius of curvature beforehand determined as the set point R of a virtual-image presentation location and the value from which wave-front radius of curvature usually becomes infinite is used as initial value, the threshold it is considered that is infinity is inputted on numerical calculation in this case. Next, the mirror position control section 403 "calculates the location Z of a mirror from the set point R based on a formula or table set up beforehand" (S2). There is individual difference in each optical system, and some errors occur. However, a location Z, and the set point R and relation of a mirror 104 based on the physical relationship of the reflector 104a of a mirror 104 and the principal point of a convex lens 102 in an initial state are beforehand defined using the optical system used as criteria. Based on this, the table based on the relational expression of R and Z or the relation between R and Z is set up, and in order to reduce the loop-formation actuation for the sector of calibration in each step after S4, in the mirror position control section 403, the location Z of the mirror 104 of an initial state is called for in S2. Furthermore, the mirror position control section 403 outputs a control signal to the pulse motor jogging base mechanical component 404 based on the result of S2. The pulse motor jogging base mechanical component 404 generates the driver voltage which makes pulse motor jogging base 120c drive based on this control signal, and impresses it to pulse motor jogging base 120c. And it carries out "moving a mirror to a location Z by the pulse motor" of the pulse motor jogging base 120c (S3). That is, a mirror 104 is moved to an initial value position location Z.

[0050] Next, the CCD output reading section 402 "reads the output value of CCD each component" (S4). The Rhine CCD sensor 401 reads the quantity of light of the laser beam to the direction of  $+Y$  which received light by CCD each component, and outputs it to the CCD output reading section 402. The CCD output reading section 402 outputs the read value to the mirror position control section 403. The mirror position control section 403 asks for whether the quantity of light it is considered that is the edge of a beam was obtained based on the output value of the CCD output reading section 402 with which CCD component, in order "to determine the beam radius r1 of the flux of light from the output value of CCD each component", and a beam radius r1 is determined based on this



result (S5). In the mirror position control section 403, the wave-front curvature R1 of a laser beam reflected in this direction of +Y, and the location of an observer's pupil 24 and the wave-front curvature R2 in plane-of-polarization 19b of polygon mirror 19a which is a location [\*\*\*\*] optically calculate noting that the beam radius of the laser beam before the modulation of wave-front curvature, i.e., incident light, is r0. That is, the operation for "calculating the wave-front radius of curvature R1 on CCD and the wave-front radius of curvature R2 on a pupil from the following formula" is made (S6).

$$R1=r1(L1+L2-f)/(r1-r0) \dots (1)$$

$$R2=R1+(L3-L2) \dots (2)$$

It is substituted for a formula (2), the optical path length R1, i.e., the wave-front radius of curvature, from the point 125 on the appearance called for with the formula (1) emitting light to the Rhine CCD sensor 401, and the wave-front curvature R2 in the location of an observer's pupil 24 is drawn with a formula (2).

[0051] next, the thing the mirror position control section 403 "compares the set point R with an actual measurement R2" -- carrying out (S7) -- R2<R+deltaR ... (3)

When not coming out, it carries out (S7:NO) and "only one step moving a mirror to a lens side by the pulse motor" (S9). Here, deltaR shows the allowed value of the gap from the set point R of wave-front radius of curvature, and the error or precision of wave-front radius of curvature of a laser beam in the location of a pupil 24 is decided by this allowed value. Namely, when the actual measurement R2 of the wave-front radius of curvature of a laser beam is larger than the set point R. The beam divergence of a laser beam means that it is smaller than initial value, and since it is in the condition that the distance between a convex lens 102 and the movable mirror 103 is far. The mirror position control section 403 takes out a signal to the pulse motor jogging base mechanical component 404, and it operates one step and pulse motor jogging base 120c so that driver voltage may be made to impress to pulse motor jogging base 120c and the distance between the movable mirror 103 and a convex lens 102 may approach. And it returns to S4.

[0052] In S7, when a formula (3) is filled (S7:YES) (i.e., when the actual measurement R2 of the wave-front radius of curvature of a laser beam is smaller than the set point R), the mirror position control section 403 "compares the set point R with an actual measurement R2" (S8). And R2>R+deltaR ... (4)

When not coming out, it carries out (S8:NO) and "only one step moving a mirror to a lens and the opposite side by the pulse motor" (S10). Namely, when the actual measurement R2 of the wave-front radius of curvature of a laser beam is smaller than the set point R. Since the distance between a convex lens 102 and the movable mirror 103 is in a near condition as the beam divergence of a laser beam means that it is larger than initial value and it is shown in drawing 5. The mirror position control section 403 takes out a signal to the pulse motor jogging base mechanical component 404, and it operates one step and pulse motor jogging base 120c so that driver voltage may be made to impress to pulse motor jogging base 120c and the distance between the movable mirror 103 and a convex lens 102 may separate. And it returns to S4.

[0053] It is R2=R\*\*deltaR when a formula (4) is filled in S8 (S8:YES) (i.e., when the actual measurement R2 of the wave-front radius of curvature of a laser beam is larger than the set point R) ... (5)

It is shown that a next door and the wave-front radius of curvature of a laser beam became a value in the tolerance of initial value, the location Z of the movable mirror 103 judges that the mirror position control section 403 became an initial value position, and processing is ended. In this condition, the effectiveness same with adjustment of screw delivery jogging base 120b by the observer having been made can be acquired in the wave-front curvature modulation means 100 in the gestalt of this operation shown in drawing 2.

[0054] Moreover, the modification shown in drawing 7 is a modification at the time of using a polarization beam splitter 106 instead of the beam splitter 101 of the wave-front curvature modulation means 100. As shown in drawing 7, incidence of the laser beam collimated by the 2nd collimation optical system 18 (refer to drawing 1) at parallel light is carried out to the polarization beam splitter 106 of the wave-front curvature modulation means 100 from +Y as incident light.

[0055] By the way, light is a kind of an electromagnetic wave and an electromagnetic wave is a phenomenon which vibration of electric field and a magnetic field spreads. It is the plane wave which the transmitted electromagnetic wave spreads the inside of a vacuum at the velocity of light, and the oscillating direction of the electric field and magnetic field intersects perpendicularly mutually, and is in a perpendicular flat surface to a travelling direction. Moreover, the oscillating direction (henceforth the "polarization direction") of a laser beam is single direction to the oscillating direction of the light emitted, for example from an incandescent lamp etc. being uniformly distributed in the direction of arbitration.

[0056] A polarization beam splitter 106 reflects the light which has the polarization direction in the direction perpendicular to XY flat surface in this slant-face 106a by carrying out coating of the derivative multilayers to slant-face 106a, and the light which has the polarization direction in the direction parallel to XY flat surface is penetrated. When the laser beam which has the polarization direction in the direction perpendicular to XY flat surface carries out incidence to a polarization beam splitter 106 from +Y, it is reflected in the direction of -X by slant-face 106a, and incidence is carried out to the quarter-wave length plate 107.

[0057] By the way, although the quarter-wave length plate 107 is an optical element to which only quarter-wave length changes the phase contrast between the electric fields electric fields and the linearly polarized light which carries out incidence cross at right angles, the linearly polarized light which has the polarization direction in the predetermined direction is changed to the circular polarization of light. Moreover, the circular polarization of light which carries out incidence is changed to the linearly polarized light.

[0058] The laser beam which carried out incidence to the quarter-wave length plate 107 changes with quarter-wave length plates 107 from the linearly polarized light to the circular polarization of light, and outgoing radiation is carried out in the direction of -X, and it is condensed with the convex lens 102 which carried out incidence by reflector 104a of the movable mirror 103 of the same location distance F distant as the focal distance of a convex lens 102. Furthermore, it is reflected in the direction of +X by reflector 104a, and with the convex lens 102 which carried out incidence, a laser beam is collimated by parallel light and incidence is carried out to the quarter-wave length plate 107. With the quarter-wave length plate 107, the laser beam which carried out incidence to the quarter-wave length plate 107 as the circular polarization of light changes to the linearly polarized light of a direction parallel to XY flat surface, and outgoing radiation is carried out to a polarization beam splitter 106. Since the laser beam which carried out incidence of the slant-face 106a of a polarization beam splitter 106 is the parallel linearly polarized light to XY flat surface, it penetrates this laser beam. And outgoing radiation of the laser beam which penetrated the polarization beam splitter 106 is carried out in the direction of +X as an outgoing radiation light from the wave-front curvature modulation means 100.

[0059] Moreover, although not shown all over drawing, about the process of the modulation of the wave-front curvature at the time of distance d migration of the movable mirror 103 being done in the direction of +X, and changing the distance of reflector 104a of a mirror 104, and the principal point of a convex lens 102 to F-d, it is the same as that of the gestalt of this operation. In this modification, although a polarization beam splitter 106 performs transparency or reflection based on the polarization direction of a laser beam, since loss of the quantity of light in that case is less than 10%, compared with loss of about 50% of quantity of light by the beam splitter 101, it is very few, and the effectiveness of decreasing sharply has loss of the synthetic quantity of light in the wave-front

curvature modulation means 100.

[0060] Furthermore, a rolling mechanism 130 is formed in the quarter-wave length plate 107, and the quarter-wave length plate 107 is explained with reference to [drawing 7](#) thru/or [drawing 9](#) about the case where it enables it to rotate to arbitration. The quarter-wave length plate 107 shown by [drawing 8](#) and [drawing 9](#) is drawing seen from the arrowed direction in two-dot chain line A-A' shown by [drawing 7](#), and explains a direction perpendicular to XY flat surface as Z shaft orientations. Incidence of the laser beam is carried out [ which is shown in [drawing 7](#) ] to the quarter-wave length plate 107 toward the direction of -X from +X. Polarization direction 107a of the laser beam (incident light) before carrying out incidence to a quarter-wave length plate is perpendicular to XY flat surface, and is Z shaft orientations in [drawing 8](#) and [drawing 9](#). After changing to the circular polarization of light like the above-mentioned and being reflected by reflector 104a, incidence of the laser beam (incident light) which carried out incidence to the quarter-wave length plate 107 from the front face of space is again carried out to the quarter-wave length plate 107 as the reflected light from the rear face of space.

[0061] As [drawing 8](#) shows, since rotation by the rolling mechanism 130 which shows the quarter-wave length plate 107 to [drawing 7](#) is not performed, 1st optical-axis 107b and 2nd optical-axis 107c have the inclination of 45 degrees to Y shaft orientations and Z shaft orientations. In this case, that polarization direction 107e changes to Y shaft orientations, and outgoing radiation of the laser beam (reflected light) which carries out re-incidence to the quarter-wave length plate 107 as the circular polarization of light from the background of space is carried out in the direction of +X shown by [drawing 7](#) from the quarter-wave length plate 107.

[0062] Moreover, as [drawing 9](#) shows, the quarter-wave length plate 107 rotates by the rolling mechanism 130 (refer to [drawing 7](#)), and when 1st optical-axis 107b and 2nd optical-axis 107c rotate 107d of optical axis counterclockwise as a core only in an include angle theta, 1st optical-axis 107b and 2nd optical-axis 107c have the inclination of 45 degree-theta to Y shaft orientations and Z shaft orientations. In this case, the laser beam (reflected light) which carries out re-incidence to the quarter-wave length plate 107 as the circular polarization of light from the background of space changes in the direction which that polarization direction 107e rotated from Y shaft orientations to a part for include-angle 2theta, and the counterclockwise rotation, and outgoing radiation is carried out in the direction of +X shown by [drawing 7](#) from the quarter-wave length plate 107.

[0063] Incidence of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the quarter-wave length plate 107 is carried out to a polarization beam splitter 106. In this case, the quantity of light of the laser beam which passes slant-face 106a of a polarization beam splitter 106 can be changed by adjusting the angle of rotation theta of the quarter-wave length plate 107. Since it is reflected in the direction of +Y and the laser beam which did not pass slant-face 106a can detect the quantity of light by the Rhine CCD sensor 401, it can search for wave-front radius of curvature like the above-mentioned case, and adjustment of the location of the movable mirror 103 by the justification means 120 is possible for it.

[0064] Moreover, the modification shown in [drawing 10](#) and [drawing 11](#) is a modification at the time of using the movable multistage mirror 111 instead of the movable mirror 103 of the wave-front curvature modulation means 100. As shown in [drawing 10](#), incidence of the laser beam collimated by the 2nd collimation optical system 18 (refer to [drawing 1](#)) at parallel light is carried out to the beam splitter 101 of the wave-front curvature modulation means 100 in the direction of -Y as incident light. In a beam splitter 101, about 50% of the quantity of light of the laser beam which carried out incidence is reflected in the direction of -X by slant-face 101a. The laser beam by which outgoing radiation was carried out in the direction of -X from the beam splitter 101 passes a convex lens 102, and connects a focus with the location of distance f from the principal point of a convex lens 102. The fluctuation of the movable multistage mirror 111 to Y shaft orientations is attained by the electrostrictive actuator 113, and when the movable multistage mirror 111 moves so that Reflectors 112a or 112c and the optical axis of the velocity of light which passes a convex lens 102 may cross at right angles, the reflectors 112a and 112c of the multistage mirror 112 of the movable multistage mirror 111 are established so that the distance of Reflectors 112a and 112c and the principal point of a convex lens 102 may serve as f and f-d, respectively. That is, reflector 112c is prepared in the location only with the distance d near a convex lens 102 from reflector 112a.

[0065] The laser beam which passed the convex lens 102 in the direction of -X is reflected in the direction of +X by epiglobe and reflector 112a in a focus on reflector 112a distance d Left. The reflected laser beam follows the same optical path as the time of passage of a convex lens 102, and incidence is carried out to a convex lens 102. A convex lens 102 collimates the passing laser beam in parallel light, and it carries out outgoing radiation to a beam splitter 101. Slant-face 101a of a beam splitter 101 penetrates about 50% of the quantity of light of the laser beam which carried out incidence, and the wave-front curvature modulation means 100 carries out outgoing radiation of this penetrated laser beam in the direction of +X as an outgoing radiation light of parallel light.

[0066] Moreover, when the movable multistage mirror 111 is changed so that reflector 112c may lap with the optical axis of the laser beam which passes a convex lens 102 as shown in [drawing 11](#), the laser beam which passed the convex lens 102 does not connect a focus on reflector 112c, but it is reflected in the direction of +X by reflector 112c, and it connects a focus with the location of distance d from reflector 112c by it. Incidence of the laser beam which carries out incidence to a convex lens 102 again is carried out to a convex lens 102 with whenever [ same angle-of-divergence / as the light emitted from a location with a distance / of the direction of -X / of f-2d from the principal point of a convex lens 102 ] from this location. Since the focal distance of a convex lens 102 is f, a convex lens 102 cannot collimate a laser beam in parallel light, but outgoing radiation is carried out to a beam splitter 101 as the light which saw in X shaft orientations and was emitted from the upper point 125 emitting light, and the diffused light with whenever [ same angle-of-divergence ]. Slant-face 101a of a beam splitter 101 penetrates about 50% of the quantity of light of the laser beam which carried out incidence, and outgoing radiation of the wave-front curvature modulation means 100 is carried out in the direction of +X by making this laser beam into outgoing radiation light.

[0067] Although an eye can recognize the difference in wave-front curvature, since it is not so sensitive, either, it is not necessary to necessarily perform the modulation of wave-front curvature continuously from infinite distance to point-blank range. For example, it can also acquire sufficient effectiveness substantially that the radius of wave-front curvature modulates 50cm, 1m, 3m, 5m, infinite distance, and about five steps of discontinuous wave-front curvatures. In this modification, it is [ that what is necessary is just to carry out four steps of armature-voltage control to the drive circuit 23 (referring to [drawing 1](#)) moving the movable multistage mirror 111 to Y shaft orientations ] effective in the ability to simplify a circuit.

[0068] Moreover, the modification shown in [drawing 12](#) thru/or [drawing 14](#) is a modification at the time of using a variable-focus lens 301 instead of the movable mirror 103 of the wave-front curvature modulation means 100 in [drawing 1](#). As shown in [drawing 12](#), the wave-front curvature modulation means 300 of the retina scanning display 1 is constituted by the variable-focus lens 301 and the convex lens 302. Moreover, dispersion in the aberration by the delicate individual difference of a variable-focus lens 301 and a convex lens 302 can be amended now by the justification means 120 which consists of migration controller 120a and screw delivery joggling base 120b being formed in the variable-focus lens 301 like the gestalt of this operation, and an observer operating screw delivery joggling base 120b to it, and moving the location of a variable-focus lens 301 to it. The configuration of others of the retina scanning display 1 has the same composition as the case of the gestalt of the above-mentioned operation. In addition, a variable-focus lens 301 is a focal distance good light variation study component in this invention.

[0069] Next, as shown in drawing 13, the variable-focus lens 301 of the wave-front curvature modulation means 300 holds the transparent fluid 304 between the diaphragms 303 of two sheets, and fluctuates the focal location of a variable-focus lens 301 by the piezo-electric bimorph 305 to which the driver voltage from the drive circuit 23 (refer to drawing 12) was impressed driving, and making diaphragm 303 deform. Incidence of the laser beam collimated by the 2nd collimation optical system 18 (refer to drawing 12) at parallel light is carried out to a variable-focus lens 301 from -X as incident light. The distance between the principal point of a variable-focus lens 301 and the principal point of a convex lens 302 is being fixed to 0 the distance of 2f by the justification means 120.

[0070] Since the laser beam which passed the variable-focus lens 301 carries out incidence of the focus in the middle of the principal point of a variable-focus lens 301, and the principal point of a convex lens 302 as a light emitted from the distance f0 of the direction of -X in the direction of +X to the epilogue and the convex lens 302 when it is adjusted so that the focal distance f1 of a variable-focus lens 301 may turn into the same distance f0 as a convex lens 302, the laser beam which passes a convex lens 302 is collimated by parallel light. Outgoing radiation of the wave-front curvature modulation means 300 is carried out in the direction of +X by making into outgoing radiation light the laser beam collimated by this parallel light.

[0071] Moreover, it converges in the location of the distance f1 with the laser beam longer than the focal distance f0 of the convex lens 302 after passing a variable-focus lens 301 which carried out incidence to the variable-focus lens 301 from the direction of -X when it was adjusted so that diaphragm 303 may be changed by the drive of the piezo-electric bimorph 305 as shown in drawing 14, and the focal distance f1 of a variable-focus lens 301 may become larger than f0. Furthermore, incidence of the laser beam is carried out as the light emitted from distance 2f0-f1 of the direction of -X in the direction of +X to the convex lens 302, i.e., a light emitted from the location nearer than the focal distance f0 of a convex lens 302. In this case, the laser beam which passed the convex lens 302 which is a focal distance f0 is not collimated by parallel light, but the wave-front curvature modulation means 300 carries out outgoing radiation of this laser beam in the direction of +X as an outgoing radiation light of the diffused light which has whenever [ angle-of-divergence ]. The diffused light which has whenever [ this angle-of-divergence ] has the same wave-front curvature as the laser beam emitted from the point 125 on appearance emitting light. In this modification, since loss of the quantity of light of a laser beam can be suppressed since a beam splitter 101 is not used, and a lens with large mass is not worked, it is hard to produce the delay of focal distance fluctuation timing etc., and effective in the ability to become irregular at the high speed which is about dozens of kHz.

[0072] Moreover, an electrostrictive actuator 105, 113 and the piezo-electric bimorph 305 are not limited to a piezo-electric method, but can use actuators, such as an electrostatic method and a magnetic method. Moreover, the wave-front curvature modulation means 100 can also be constituted for a polarization beam splitter 106 and the quarter-wave length plate 107 combining the movable multistage mirror 111.

[0073]

[Effect of the Invention] As explained above, with the image display device of invention concerning claim 1, the wave-front curvature of the flux of light which carried out incidence to the wave-front curvature modulation means can be modulated because a migration means moves an optical element in the direction of an optical axis of the flux of light. Therefore, while being able to make the image which has depth perception to an observer by migration of the direction of an optical axis of an optical element recognize, when repeating migration of the optical element at a high speed, an observer can be made to recognize the image of a natural posture more.

[0074] Moreover, in addition to the effect of the invention concerning claim 1, in the image display device of invention concerning claim 2, a quarter-wave length plate can be rotated on the field which intersects perpendicularly with the direction of an optical axis. Therefore, the quantity of light which carries out incidence to an observer's pupil can be easily set up according to the angle of rotation of a quarter-wave length plate.

[0075] Moreover, in addition to the effect of the invention concerning claim 1 or 2, in the image display device of invention concerning claim 3, a wave-front curvature modulation means can adjust the location of an optical element apart from a migration means with a justification means. Therefore, an observer can set up easily the focal location for which it was suitable using the justification means.

[0076] Moreover, in the image display device of invention concerning claim 4, the wave-front curvature of the flux of light which carried out incidence to the wave-front curvature modulation means can be modulated by the optical element which has two or more reflectors where locations differ to the direction of an optical axis of the flux of light. Therefore, while being able to make the image which has depth perception to an observer according to the reflector where locations differ recognize, an observer can be made to recognize the image of a natural posture more by repeating a switch of a reflector at a high speed.

[0077] Moreover, in the image display device of invention concerning claim 5, the wave-front curvature of the flux of light which carried out incidence to the wave-front curvature modulation means can be modulated by the focal distance good light variation study component for which a focal distance is changed in connection with a configuration or a physical-properties value change. Therefore, while being able to make an observer recognize an image with depth perception by fluctuation of the focal distance by the focal distance good light variation study component, an observer can be made to recognize the image of a natural posture more by repeating fluctuation of a focal distance at a high speed.

[0078] Moreover, in addition to the effect of the invention concerning claim 4 or 5, in the image display device of invention concerning claim 6, a wave-front curvature modulation means can adjust the location of an optical element or a focal distance good light variation study component apart from a migration means with a justification means. Therefore, an observer can adjust easily the focal location for which it was suitable using the justification means.

[0079] Moreover, in addition to the effect of the invention concerning claim 3 or 6, in the image display device of invention concerning claim 7, a justification means can adjust the location of an optical element or a focal distance good light variation study component according to the location of the light detected by the photodetection means. Therefore, the focal location suitable for an observer can be adjusted automatically.

[0080] Moreover, in addition to the effect of the invention concerning any [ claim 1 thru/ or ] of 7 they are, in the image display device of invention concerning claim 8, the location and an observer's pupil location where a wave-front curvature modulation means is arranged from a scan means to a light source side, and the flux of light on a scan means carries out incidence can be optically made conjugate relation. Therefore, the effect on the wave-front curvature based on the distance on an optical path until the flux of light by which outgoing radiation was carried out from the wave-front curvature modulation means carries out incidence to an observer's pupil can be reduced.

[Translation done.]

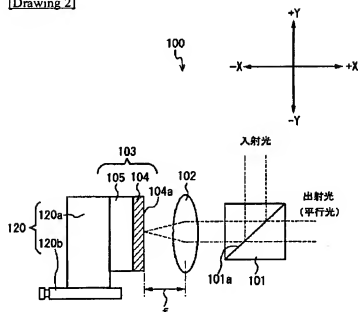
## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

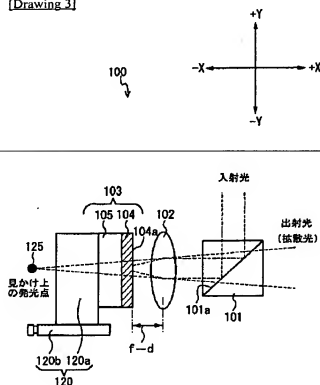
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

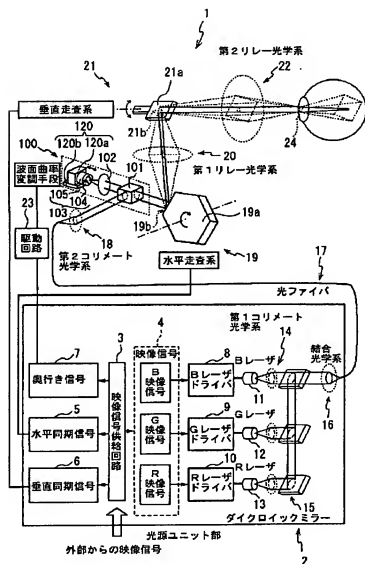
[Drawing 2]



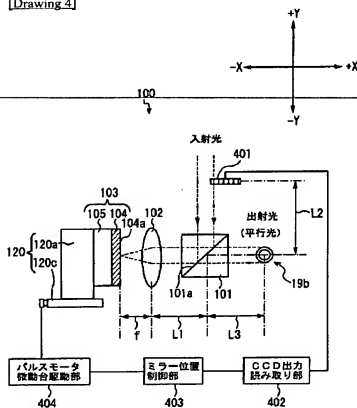
[Drawing 3]



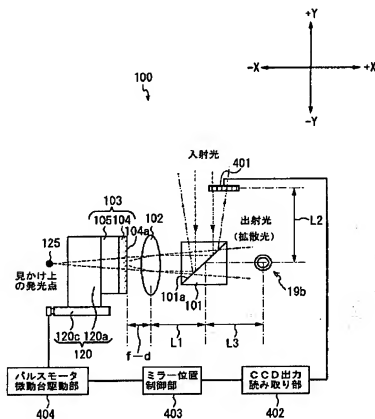
[Drawing 1]



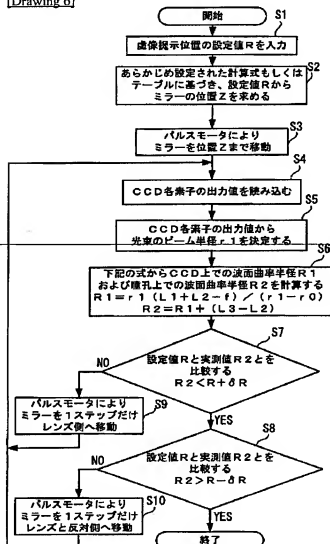
[Drawing 4]



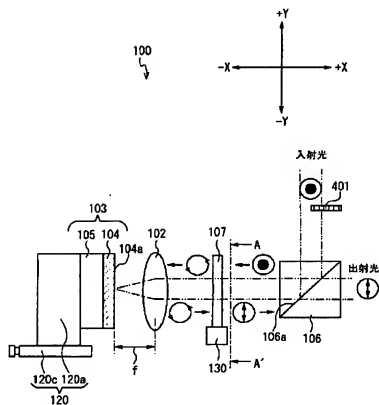
[Drawing 5]



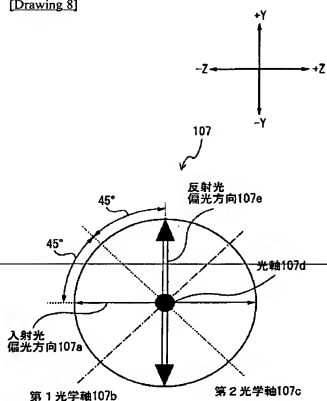
[Drawing 6]



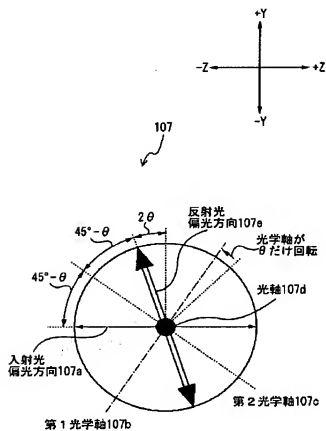
[Drawing 7]



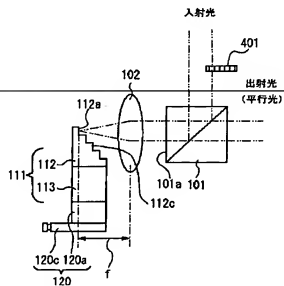
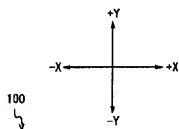
[Drawing 8]



[Drawing 9]

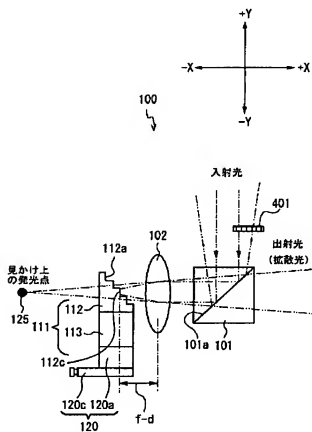


[Drawing 10]

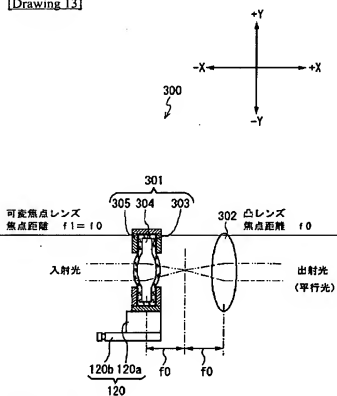


[Drawing 11]

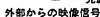




[Drawing 13]



[Drawing 12]



---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-295108

(P2003-295108A)

(43) 公開日 平成15年10月15日 (2003.10.15)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	サーチコード(参考)
G 0 2 B 27/02		G 0 2 B 27/02	Z 2 H 0 4 1
26/06		26/06	2 H 0 4 5
26/10		26/10	C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2003-22871(P2003-22871)

(22) 出願日 平成15年1月30日(2003.1.30)

(31) 優先権主張番号 特願2002-21756(P2002-21756)

(32) 優先日 平成14年1月30日(2002.1.30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005267  
ブラザー工業株式会社  
愛知県名古屋市長郷区苗代町15番1号

(72) 発明者 渡▲なべ▼ 光由  
愛知県名古屋市長郷区苗代町15番1号  
ブラザー工業株式会社内

(72) 発明者 山田 祥治  
愛知県名古屋市長郷区苗代町15番1号  
ブラザー工業株式会社内

(74) 代理人 100104178  
弁理士 山本 尚 (外1名)

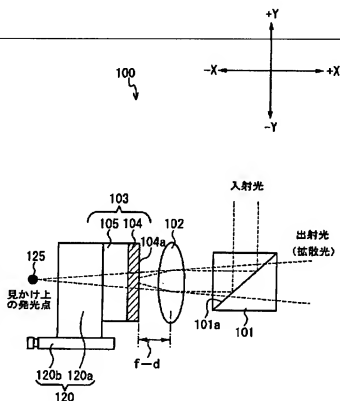
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像表示装置

## (57) 【要約】

【課題】—観察者の網膜上に直接映像等を投影する画像表示装置において、投影する対象物の像に波面曲率を表現し、より自然な感覚に近い立体視を可能とし、さらに光学系の個体差による収差のばらつきを補正できる画像表示装置を提供する。

【解決手段】 波面曲率変調手段100のビームスプリッタ101に入射したレーザー光は-X方向に反射され、凸レンズ102を介して可動ミラー103に入射し、圧電アクチュエータ105に距離f-dの位置へ移動された反射面104aで+X方向に反射され、距離d進んだ位置で焦点を結び凸レンズ102に再入射する。凸レンズ102はレーザー光を屈折し、見かけ上の発光点125から発せられた光と同等の波面曲率となったレーザー光はビームスプリッタ101を透過し、波面曲率変調手段100より出射される。また、位置調整手段120で可動ミラー103の位置の微調整を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1つの光源と、

その光源から出射される光束を画像信号に応じて変調する変調手段と、

その変調手段によって変調された光束の波面曲率を変調する波面曲率変調手段と、

その波面曲率変調手段によって変調された光束を走査する走査手段と、

その走査手段によって走査された光束を観察者の瞳孔に入射するための光学手段とを備え、前記観察者の網膜に前記画像信号に対応する画像を表示する画像表示装置であって、

前記波面曲率変調手段は、光学素子と、その光学素子を前記光束の光軸方向に移動させる移動手段とを備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項2】 前記光学素子は、前記光束を反射する反射手段であって、

前記変調手段により変調された光束のうち、所定方向の直線偏光を透過し、前記所定方向と直交する方向の直線偏光を反射する偏光ビームスプリッタと、

その偏光ビームスプリッタで反射又は透過された光束を集光して前記光学素子に入射する集光手段と、

その集光手段と前記偏光ビームスプリッタとの間に設けられた1/4波長板とを備え、

前記1/4波長板は、前記光軸方向に直交する面上で回転可能に構成されていることを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。

【請求項3】 前記波面曲率変調手段は、前記移動手段とは別に前記光学素子の位置を調整するための位置調整手段を備えたことを特徴とする請求項1又は2に記載の画像表示装置。

【請求項4】 少なくとも1つの光源と、

その光源から出射される光束を画像信号に応じて変調する変調手段と、

その変調手段によって変調された光束の波面曲率を変調する波面曲率変調手段と、

その波面曲率変調手段によって変調された光束を走査する走査手段と、

その走査手段によって走査された光束を観察者の瞳孔に入射するための光学手段とを備え、前記観察者の網膜に前記画像信号に対応する画像を表示する画像表示装置であって、

前記波面曲率変調手段は、前記光束の光軸方向に対して位置の異なる複数の反射面を有する光学素子を備えたことを特徴とする画像表示装置。

【請求項5】 少なくとも1つの光源と、

その光源から出射される光束を画像信号に応じて変調する変調手段と、

その変調手段によって変調された光束の波面曲率を変調する波面曲率変調手段と、

その波面曲率変調手段によって変調された光束を走査する走査手段と、

その走査手段によって走査された光束を観察者の瞳孔に入射するための光学手段とを備え、前記観察者の網膜に前記画像信号に対応する画像を表示する画像表示装置であって、

前記波面曲率変調手段は、形状もしくは物性値の変化にともない焦点距離が変動する焦点距離可変光学素子を備えたことを特徴とする画像表示装置。

10 【請求項6】 前記波面曲率変調手段は、前記光学素子又は前記焦点距離可変光学素子の位置を調整するための位置調整手段を備えたことを特徴とする請求項4又は5に記載の画像表示装置。

【請求項7】 前記光学素子を反射した光又は前記焦点距離可変光学素子を透過した光を検出する光検出手段を備え、

前記位置調整手段は、前記光検出手段によって検出された光の位置に応じて前記光学素子又は前記焦点距離可変光学素子の位置を調整することを特徴とする請求項3又は6に記載の画像表示装置。

20 【請求項8】 前記波面曲率変調手段は、前記走査手段より光源側に配置され、かつ前記走査手段上に光束が入射する位置と観察者の瞳孔位置とが光学的に共役の関係にあることを特徴とする請求項1乃至7の何れかに記載の画像表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光束を走査して眼の網膜に直接画像を投影する画像表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、1インチ四方程度の小型の液晶ディスプレイ等をヘッドバンド等に固定し、それを観察者の頭部に装着して映像等を提供する、いわゆるヘッドマウントディスプレイという装置が知られている。この装置における立体画像を提供する手段として、左目用のディスプレイには左目から見た視点の映像を、右目用のディスプレイには右目から見た視点の映像をそれぞれ表示した、両眼の視野角の差による立体視の手段等が利用されている。

40 【0003】前記小型の液晶ディスプレイは、電圧の印加によって結晶の並びの方向性が変化する性質の液晶を利用して、光の3原色である赤、緑、青の3色のカラーフィルターの遮蔽をおこなうことでディスプレイとして機能している。液晶はそれ自体が発光せず、カラーフィルターを介して透過するバックライト等の光が光源であり、液晶ディスプレイはその光を透過もしくは遮断することで映像を表現している。

【0004】

50 【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この液晶ディスプレイと観察者の網膜との位置関係は一定であ

り、観察者の眼に入射される対象物の像は視覚的に立体でありながらも興行感のない立体像となり、観察者が違和感を感じる原因となっていた。

【0005】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、観察者の網膜上に直接映像等を投影する網膜走査型ディスプレイ等を利用して、観察者の眼に入射する対象物の像に波面曲率を表現することでより自然な感覚に近い立体視を可能とし、さらに、位置調整手段を設けることで、光学系の微妙な個体差による収差のばらつきを補正することが可能な画像表示装置を実現することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に係る発明の画像表示装置は、少なくとも1つの光源と、その光源から出射される光束を画像信号に応じて変調する変調手段と、その変調手段によって変調された光束の波面曲率を変調する波面曲率変調手段と、その波面曲率変調手段によって変調された光束を走査する走査手段と、その走査手段によって走査された光束を観察者の瞳孔に入射するための光学手段とを備え、前記観察者の網膜に前記画像信号に対応する画像を表示する画像表示装置であって、前記波面曲率変調手段は、光学素子を光束の光軸方向に移動させる移動手段とを備えている。

【0007】この構成の画像表示装置では、移動手段が光学素子を光束の光軸方向に移動することで、波面曲率変調手段に入射した光束の波面曲率を変調することができる。

【0008】また、請求項2に係る発明の画像表示装置は、請求項1に記載の発明の構成に加え、前記光学素子は、前記光束を反射する反射手段であって、前記変調手段により変調された光束のうち、所定方向の直線偏光を透過し、前記所定方向と直交する方向の直線偏光を反射する偏光ビームスプリッタと、その偏光ビームスプリッタで反射又は透過された光束を集光して前記光学素子に入射する集光手段と、その集光手段と前記偏光ビームスプリッタとの間に設けられた1/4波長板とを備え、前記1/4波長板は、前記光軸方向に直交する面上で回転可能に構成されている。

【0009】この構成の画像表示装置では、請求項1に係る発明の作用に加え、1/4波長板は、光軸方向と直交する面上で回転することができる。

【0010】また、請求項3に係る発明の画像表示装置は、請求項1又は2に記載の発明の構成に加え、前記波面曲率変調手段は、前記移動手段とは別に前記光学素子の位置を調整するための位置調整手段を備えている。

【0011】この構成の画像表示装置では、請求項1又は2に係る発明の作用に加え、波面曲率変調手段は、位置調整手段によって移動手段とは別に光学素子の位置を調整することができる。

【0012】また、請求項4に係る発明の画像表示装置は、少なくとも1つの光源と、その光源から出射される光束を画像信号に応じて変調する変調手段と、その変調手段によって変調された光束の波面曲率を変調する波面曲率変調手段と、その波面曲率変調手段によって変調された光束を走査する走査手段と、その走査手段によって走査された光束を観察者の瞳孔に入射するための光学手段とを備え、前記観察者の網膜に前記画像信号に対応する画像を表示する画像表示装置であって、前記波面曲率変調手段は、前記光束の光軸方向に対して位置の異なる複数の反射面を有する光学素子を備えている。

【0013】この構成の画像表示装置では、光束の光軸方向に対して位置の異なる複数の反射面を有する光学素子によって、波面曲率変調手段に入射した光束の波面曲率を変調することができる。

【0014】また、請求項5に係る発明の画像表示装置は、少なくとも1つの光源と、その光源から出射される光束を画像信号に応じて変調する変調手段と、その変調手段によって変調された光束の波面曲率を変調する波面曲率変調手段と、その波面曲率変調手段によって変調された光束を走査する走査手段と、その走査手段によって走査された光束を観察者の瞳孔に入射するための光学手段とを備え、前記観察者の網膜に前記画像信号に対応する画像を表示する画像表示装置であって、前記波面曲率変調手段は、形状もしくは物性値の変化にともない焦点距離が変動する焦点距離可変光学素子を備えている。

【0015】この構成の画像表示装置では、形状もしくは物性値の変化にともない焦点距離が変動する焦点距離可変光学素子によって、波面曲率変調手段に入射した光束の波面曲率を変調することができる。

【0016】また、請求項6に係る発明の画像表示装置は、請求項4又は5に記載の発明の構成に加え、前記波面曲率変調手段は、前記光学素子又は前記焦点距離可変光学素子の位置を調整するための位置調整手段を備えている。

【0017】この構成の画像表示装置では、請求項4又は5に係る発明の作用に加え、波面曲率変調手段は、位置調整手段によって移動手段とは別に光学素子又は焦点距離可変光学素子の位置を調整することができる。

【0018】また、請求項7に係る発明の画像表示装置は、請求項3又は6に記載の発明の構成に加え、前記光学素子を反射した光又は前記焦点距離可変光学素子を透過した光を検出する光検出手段を備え、前記位置調整手段は、前記光検出手段によって検出された光の位置に応じて前記光学素子又は前記焦点距離可変光学素子の位置を調整することと特徴とする構成となっている。

【0019】この構成の画像表示装置では、請求項3又は6に係る発明の作用に加え、位置調整手段は、光検出手段によって検出された光の位置に応じて光学素子又は焦点距離可変光学素子の位置を調整することができる。

【0020】また、請求項8に係る発明の画像表示装置は、請求項1乃至7の何れかに記載の発明の構成に加え、前記波面曲率変調手段は、前記走査手段より光源側に配置され、かつ前記走査手段上に光束が入射する位置と観察者の瞳孔位置とが光学的に共役の関係にあることを特徴とする構成となっている。

【0021】この構成の画像表示装置では、請求項1乃至7の何れかに係る発明の作用に加え、波面曲率変調手段を走査手段より光源側に配置し、走査手段上の光束が入射する位置と観察者の瞳孔位置とを光学的に共役の関係にすることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る画像表示装置の一実施の形態について、図面を参照して説明する。まず、本発明に係る網膜走査型ディスプレイ1の構成について、図1を参照して説明する。図1は、網膜走査型ディスプレイ1の全体構成を示す全体構成図である。

【0023】図1に示すように、網膜走査型ディスプレイ1には、外部から供給される映像信号を処理するための光源ユニット部2が設けられている。光源ユニット部2には、外部からの映像信号が入力され、それに基づいて映像を合成するための要素となる各信号を発生する映像信号供給回路3が設けられ、この映像信号供給回路3から映像信号4、水平同期信号5、垂直同期信号6、及び奥行き信号7が出力される。また、光源ユニット部2には、映像信号供給回路3から映像信号4として伝達される赤（R）、緑（G）、青（B）の各映像信号をもとにそれぞれレーザ光を出射する、Rレーザ13、Gレーザ12、Bレーザ11を、それぞれ駆動するためのRレーザドライバ10、Gレーザドライバ9、Bレーザドライバ8が設けられている。さらに、各レーザより出射されたレーザ光を平行光にコリメートするように設けられた第1コリメート光学系14と、それぞれコリメートされたレーザ光を合成するダイクロイックミラー15と、合成されたレーザ光を光ファイバ17に導く結合光学系16とが設けられている。尚、Rレーザ13、Gレーザ12、Bレーザ11として、レーザダイオード等の半導体レーザや固体レーザを利用してよい。また、光源ユニット部2が、本発明における変調手段である。

【0024】また、網膜走査型ディスプレイ1には、光源ユニット部2から伝達されたレーザ光を再度平行光にコリメートする第2コリメート光学系18と、コリメートされたレーザ光を変調するための波面曲率変調手段100と、変調されたレーザ光をポリゴンミラー19aを利用して水平方向に走査する水平走査系19と、水平走査系19に走査された第1リレー光学系20を介して入射されたレーザ光を、ガルバノミラー21aを利用して垂直方向に走査する垂直走査系21とが設けられ、垂直走査系21に走査されたレーザ光を観察者の瞳孔24に入射するように第2リレー光学系22が設けられている。

第1リレー光学系20は、水平走査系19のポリゴンミラー19a上で結像されるレーザ光と、垂直走査系21のガルバノミラー21a上で結像されるレーザ光とが共役となるように、また、第2リレー光学系22は、ガルバノミラー21a上で結像されるレーザ光と、観察者の瞳孔24の位置で結像されるレーザ光とが共役となるように、各々設けられている。尚、水平走査系19及び垂直走査系21が、本発明における走査手段であり、第1リレー光学系20及び第2リレー光学系22が、本発明における光学手段である。

【0025】さらに、駆動回路23は、映像信号供給回路3の出力する奥行き信号7に基づいて、波面曲率変調手段100を駆動させるために設けられている。水平走査系19、垂直走査系21は各々映像信号供給回路3に接続され、映像信号供給回路3より出力される水平同期信号5、垂直同期信号6にそれぞれ同期してレーザ光を走査するように構成されている。

【0026】波面曲率変調手段100は、入射したレーザ光を透過光と、透過光の垂直方向に反射された反射光とに分離するビームスプリッタ101と、ビームスプリッタ101に反射されたレーザ光を収束する凸レンズ102と、凸レンズ102に収束されたレーザ光を入射方向に反射する、可動可能な可動ミラー103とで構成されている。ビームスプリッタ101は、斜面に誘電体多層膜の施された直角プリズム2つが張り合わされたキューブ状の形状を成しており、その斜面101a（図2参照）において、入射光の光量の約50%を直角方向に反射し、約50%を透過するようになっている。

【0027】また、可動ミラー103は、例えばガラス等の透過性の板材の表面に金属膜の鏡面コートをした反射面104a（図2参照）を有するミラー104と、例えば圧電型のピエゾ素子を積層した圧電アクチュエータ105とで構成され、圧電アクチュエータ105は、駆動回路23からの駆動電圧が印加されることで駆動され、圧電アクチュエータ105に固定したミラー104と凸レンズ102との位置関係が変動されるようになっている。可動ミラー103の可動方向はミラー104の鏡面に対し垂直方向（図2中X軸方向）で、ビームスプリッタ101と凸レンズ102とを通過するレーザ光の光軸が直線上で一致するように構成されている。尚、圧電アクチュエータ105が、本発明における移動手段であり、ミラー104が、本発明における反射手段である。

【0028】さらに、可動ミラー103は、可動ミラー103の光軸方向における基準位置での微調整を行う位置調整手段120の移動調整部120aに固定され、凸レンズ102と可動ミラー103との間の距離を移動調整部120aに固定されたネジ送り微動部120bのネジを回転させることで微調整できるようにになっている。この位置調整手段120は、圧電アクチュエータ105に

駆動電圧が印加されていない場合、或いは位置調整用の所定の基準電圧が印加されている場合において、観察者が可動ミラー103の可動基準となる位置に可動ミラー103を移動させる調整を行うために設けられている。個々の光学系は微妙な個体差を有するので、可動ミラー103の可動基準となる位置、すなわち初期位置において、レーザ光の所定の波面曲率が初期値となるようにするには、可動ミラー103を初期位置に移動させる微調整が必要となる。この位置調整手段120によって、観察者の個人差によって眼の焦点位置が異なっても、波面曲率変調手段100の効果が同様に得られるように微調整を行うことができる。

【0029】次に、本発明の一実施の形態の画像表示装置が、外部からの映像信号を受けてから、観察者の網膜上に映像を投影するまでの過程について、図1を参照して説明する。

【0030】図1に示すように、本実施の形態の網膜走査型ディスプレイ1では、光源ユニット部2に設けられた映像信号供給回路3が外部からの映像信号の供給を受けると、映像信号供給回路3は、赤、緑、青の各色のレーザ光を出力させるためのR映像信号、G映像信号、B映像信号からなる映像信号4と、水平同期信号5と、垂直同期信号6と、奥行き信号7とを出力する。Rレーザドライバ10、Gレーザドライバ9、Bレーザドライバ8は各々入力されたR映像信号、G映像信号、B映像信号に基づいてRレーザ13、Gレーザ12、Bレーザ11に対してそれぞれの駆動信号を出力する。この駆動信号に基づいて、Rレーザ13、Gレーザ12、Bレーザ11はそれぞれレーザ光を発生し、各々を第1コリメート光学系14に出力する。点光源から発生されるレーザ光は、この第1コリメート光学系14によってそれぞれが平行光にコリメートされ、さらに、ダイクロイックミラー15に入射されて1つの光束となるよう合成された後、結合光学系16によって光ファイバ17に入射されるよう導かれる。

【0031】光ファイバ17によって伝搬されたレーザ光は、光ファイバ17から出射される際に第2コリメート光学系18によって再度コリメートされ、波面曲率変調手段100に入射される。

【0032】ここで、波面曲率の変調について説明する。光源から発した光は、光源を中心とした全方位に等速、同位相で進む光の波、いわゆる等位球面波として伝搬されるが、光源と観察者との距離に応じてその球面波の持つ曲率半径が異なってくる。光源が近ければ曲率半径の小さい像として、また、光源が遠ければ曲率半径の大きい像として観察者の眼に入射される。観察者はこの曲率半径のズレを認識し、遠近感を感じることができる。この光の球面波の曲率、つまり波面曲率を人工的に変調させ映像等で表現することによって、本発明では、より自然な感覚に近い立体視を観察者に提供することを

可能としていく。この、波面曲率の変調を実現する波面曲率変調手段100については後述する。

【0033】波面曲率変調手段100から出射されたレーザ光は、水平走査系19のポリゴンミラー19aの偏光面19bに入射される。ポリゴンミラー19aは、図示外の光センサによって出力されたBD(Beam Detector)信号をもとに回転速度が算出され、このBD信号をもとに映像信号供給回路3の出力する水平同期信号5と同期するように等速回転の速度が調整されている。ポリゴンミラー19aの偏光面19bに入射したレーザ光は水平方向に走査されて第1リレー光学系20を介し、垂直走査系21のガルバノミラー21aの偏光面21bに射し出射される。第1リレー光学系20ではポリゴンミラー19aの偏光面19b上で結像される像とガルバノミラー21aの偏光面21b上で結像される像とが共役の関係となるように調整され、また、ポリゴンミラー19aの面倒れが補正されている。ガルバノミラー21aは、ポリゴンミラー19aと同様に垂直同期信号6に同期して、その偏光面21bが入射光を垂直方向に反射するように往復振動をしており、このガルバノミラー21aによってレーザ光は垂直方向に走査される。水平走査系19及び垂直走査系21によって水平方向及び垂直方向に2次元に走査されたレーザ光は、ガルバノミラー21aの偏光面21b上で結像した像と、観察者の瞳孔24の位置で結像する像とが共役の関係となるように設けられた第2リレー光学系22により観察者の瞳孔24から入射され、網膜上に投影される。観察者はこのように2次元走査されて網膜上に投影されたレーザ光により画像を認識することができる。

【0034】次に図2及び図3を参照して、網膜走査型ディスプレイ1における波面曲率の変調の方法について説明する。図2及び図3は、波面曲率変調手段100によりレーザ光を変調される態様を示す模式図である。

【0035】図2に示すように、波面曲率変調手段100のビームスプリッタ101には、第2コリメート光学系18(図1参照)によって平行光にコリメートされたレーザ光が、入射光として-Y方向に入射される。入射されたレーザ光の光量のうち約50%が斜面101aで反射され、その反射方向(-X方向)に設けられた凸レンズ102に入射する。ところで、図1に示す、駆動回路23より圧電アクチュエータ105に印加される駆動電圧が0または所定の基準値の場合に、可動ミラー103のミラー104の反射面104aが凸レンズ102の主点に対し距離fだけ離れた位置に固定されるように、位置調整手段120のネジ送り微動台120bが観察者によってあらかじめ操作される調整されている。反射面104aと凸レンズ102の主点との間の距離がfの場合、凸レンズ102に入射したレーザ光は凸レンズ102によって屈折され収束し、反射面104a上で焦点を結ぶ。この場合、レーザ光は反射面104aによって入



射光と同軸方向に反射され(+X方向)、ミラー104への入射の際には収束光であったレーザ光は、反射後には拡散光となって再度凸レンズ102に入射する。

【0036】反射面104aで+X方向に反射され凸レンズ102に入射する拡散光は、反射面104aに反射される前に凸レンズ102が収束した収束光の収束角度と同じ広がり角度を持ち、さらに収束時と同一の光学系において同一の光路を通過するので、この拡散光は凸レンズ102の通過時に収束時と同じ角度で屈折され、平行光にコリメートされることになる。平行光にコリメートされたレーザ光は再度ビームスプリッタ101に入射され、その光量の約50%が斜面101aを通過し、第2コリメート光学系18からの入射光とは直角を成す方向(+X方向)に、波面曲率変調手段100からの出射光として出射される。

【0037】また、図3に示すように、駆動回路23(図1参照)からの所定の駆動電圧が印加されると圧電アクチュエータ105が駆動し、この駆動によって可動ミラー103が+X方向に移動される。この場合、ミラー104の反射面104aと凸レンズ102の主点との距離がf-dに変動される。第2コリメート光学系18から-Y方向に平行光として入射された入射光であるレーザ光は、上記の場合と同様に、ビームスプリッタ101の斜面101aでその約50%を-X方向に反射され凸レンズ102に入射される。凸レンズ102は、+X方向から入射されたレーザ光を屈折して収束させるように-X方向に出射するが、可動ミラー103のミラー104の反射面104aは、凸レンズ102の有する焦点距離fよりdだけ凸レンズ102に近い位置に移動されているので、レーザ光は反射面104a上では収束されない。レーザ光は反射面104aによって+X方向に反射された後に、距離dだけ進んだ位置、すなわち距離f-2dの位置で焦点を結び、凸レンズ102に再度入射する。

【0038】凸レンズ102は入射されたレーザ光を、その広がり角を収束する方向に屈折させるが、凸レンズ102自体の屈折率については変動がないので、焦点距離fの位置から発せられる光を平行光にコリメートする凸レンズ102は、距離f-2dの位置で発せられる光を平行にコリメートすることはできない。従って、距離f-2dで焦点を結んだレーザ光は凸レンズ102に入射することで、レーザ光の広がり角度は小さくなるものの平行光にはコリメートされず、凸レンズ102を通過したレーザ光は凸レンズ102の通過後の広がり角度を維持したままビームスプリッタ101に入射する。ビームスプリッタ101に入射したレーザ光はその約50%が斜面101aを通過し、その広がり角度を維持したまま、すなわち拡散光として+X方向に出射される。波面曲率変調手段100は出射光として所定の広がり角度を有するレーザ光、すなわち平行光とは異なる波面曲率の

大きな拡散光としてレーザ光を出射する。

【0039】拡散光として波面曲率変調手段100より出射され、図1に示す、水平走査系19のポリゴンミラー19aの偏光面19bに入射されるレーザ光の、この偏光面19b上での波面曲率は、見かけ上の発光点125から発せられた光と同等の波面曲率となる。また、反射面104aと凸レンズ102の主点との距離がfの場合に出射される平行光の、ポリゴンミラー19aの偏光面19b上での波面曲率は、無限遠から発せられた光と同等の波面曲率となる。ここで、第1リレー光学系20によってポリゴンミラー19aの偏光面19b上で結像される像とガルバノミラー21aの偏光面21b上で結像される像とが、また、第2リレー光学系22によってガルバノミラー21aの偏光面21b上で結像される像と観察者の瞳孔24の位置で結像される像とは共役の関係にあるように各リレー光学系が設けられているので、ポリゴンミラー19aの偏光面19b上で結像される像と観察者の瞳孔24の位置で結像される像とは共役の関係にある。従って、ポリゴンミラー19aの偏光面19b上におけるレーザ光の波面曲率が、観察者の瞳孔24の位置での波面曲率と同じとなる。

【0040】観察者が瞳孔24から眼の中に入射したレーザ光の見かけ上の発光点125にピントを合わせると、レーザ光は観察者の網膜上で結像する。ところで、観察者は、ピント合わせ動作(いわゆる調節作用)により、レーザ光の波面曲率の違いを識別することができるので、観察者はレーザ光の波面曲率の違いに基づく遠近感を認識することができる。すなわち、波面曲率の大きいレーザ光は近い位置より発せられたと感じ、波面曲率の小さいレーザ光は遠い位置より発せられたと感じる。従って、この場合、観察者には見かけ上の発光点125と、瞳孔24の位置に共役な偏光面19bとの距離に相当する位置に、レーザ光の発光点が存在するように認識される。

【0041】波面曲率変調手段100の凸レンズ102の焦点距離が、例えば4mmであったとしても、可動ミラー103が約30μmの可動を行うだけで、波面曲率変調手段100は約30cm〜無限遠の遠近感を表現することができる。また、凸レンズ102の焦点距離が2mmであった場合は、可動ミラー103が約10μmの可動を行うだけで、波面曲率変調手段100は約30cm〜無限遠の遠近感を表現することができる。例えば、波面曲率が小さい略平行の光束のレーザ光が走査され眼に入射された場合には、観察者は数十m遠方のスクリーン上に提示された画面として認識でき、また、波面曲率が大きいレーザ光が走査され眼に入射された場合には、観察者は数十cm先のスクリーン上に提示された画面として認識できる。

【0042】以上説明したように、本実施の形態の網膜走査型ディスプレイ1では、映像信号供給回路3が出力

したR、G、B各映像信号に基づいて発生されたR、G、B各レーザ光が合成され、波面曲率変調手段100に入射される。波面曲率変調手段100は入射されたレーザ光の波面曲率を変調し、水平走査系19に射出する。水平走査系19は入射されたレーザ光を水平方向に走査して垂直走査系21に対して射出し、垂直走査系21は入射されたレーザ光を垂直方向に走査して観察者の瞳孔24に入射する。観察者は入射されたレーザ光の波面曲率の違いを識別して遠近感を認識することができる。

【0043】尚、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、各種の変形が可能である。本発明の変形例を図4乃至図14を参照して説明する。図4及び図5は、入射光側の光路上にラインCCD (Charge Coupled Device) センサ401を設け、その出力値に基づいて前述の位置調整手段120による可動ミラー103の基準位置の調整が自動で行われるようにした変形例を示す図である。図6は、ラインCCDセンサ401の出力値に基づいて行われる位置調整手段120の移動の制御を示すフローチャートである。図7は、ビームスプリッタ101の代わりに偏光ビームスプリッタ106を用いた場合の波面曲率変調手段100の変形例を示す図である。図8は、1/4波長板107を通過するレーザ光の偏光方向について説明するための模式図である。図9は、回転された1/4波長板107を通過するレーザ光の偏光方向について説明するための模式図である。図10及び図11は、可動ミラー103の代わりに可動多段ミラー111を用いた場合の波面曲率変調手段100の変形例を示す図である。図12は、可動ミラー103の代わりに可変焦点レンズ301を用いた場合の網膜走査型ディスプレイ1の全体構成を示す全体構成図である。図13及び図14は、可動ミラー103の代わりに可変焦点レンズ301を用いた場合の変形例を示す図である。

【0044】図4及び図5に示す変形例は、入射光側のレーザ光の光路上にラインCCDセンサ401を設け、ラインCCDセンサ401の出力値に基づいて位置調整手段120を制御するようにした場合の変形例である。図4及び図5に示すように、本変形例では、駆動回路23 (図1参照) より圧電アクチュエータ105に印加される駆動電圧が0または所定の基準値の場合に、反射面104aと凸レンズ102の主点との距離がfとなるように、可動ミラー103の位置が自動的に調整されるようになっている。この調整は可動ミラー103に固定された位置調整手段120によって行われる。位置調整手段120は、移動調整部120aとパルスモータ駆動台120cによって形成され、パルスモータ駆動台120cに固定された移動調整部120aに、可動ミラー103の圧電アクチュエータ105が固定されている。尚、ラインCCDセンサ401が、本発明における光検出手

段である。

【0045】また、ビームスプリッタ101の入射光側に、レーザ光の光軸の通過位置を基準として、ビームスプリッタ101から距離L2の位置にラインCCDセンサ401が設けられている。パルスモータ駆動台120cはこのラインCCDセンサ401に、パルスモータ駆動台駆動部404、ミラー位置制御部403、及びCCD出力読み取り部402を介して接続されている。

【0046】入射光として波面曲率変調手段100に-Y方向に入射したレーザ光は、ビームスプリッタ101の斜面101aで-X方向に反射され、その斜面101aのレーザ光の光軸通過位置から距離L1離れた位置に設けられた凸レンズ102に入射する。凸レンズ102を通過したレーザ光は、図4に示す例においては距離f、図5に示す例においては距離f-xの距離に位置するミラー104の反射面104aで+X方向に反射され、凸レンズ102を再通過し、ビームスプリッタ101に再入射する。レーザ光は、斜面101aでその約50%を+X方向に透過されるが、その約50%は入射光側(+Y方向)に反射される。ラインCCDセンサ401は、この反射されたレーザ光を読み取ることができるように設けられている。

【0047】尚、波面曲率変調手段100から射出されるレーザ光、すなわち射出光は、図中+X方向に進み、図1に示す水平走査系19のポリゴンミラー19aの偏光面19bで結像する。この場合における、レーザ光の光軸の通過位置を基準として、斜面101aと偏光面19bとの距離をL3とする。偏光面19bと観察者の瞳孔24とは光学的に共役の関係となるように、第1リレー光学系20及び第2リレー光学系22によって調整されているので、観察者の瞳孔24の位置でのレーザ光の波面曲率半径は、偏光面19bの位置での波面曲率半径とみなされる。

【0048】ラインCCDセンサ401には複数のCCD素子 (図示外) が設けられており、各CCD素子においてレーザ光とその光量を検知することができる。ビームスプリッタ101より入射光側(+Y方向)に反射されたレーザ光は、ラインCCDセンサ401によってその光量が読み取られ、その検出値がCCD出力読み取り部402に出力される。ところで、レーザ光はそのビーム端において徐々に光量が落ちていく光束である。CCD出力読み取り部402は、光束の中心、すなわち光軸における光量の所定の基準値、例えば $1/e^2$ となる位置を各CCD素子からの出力をもとに読み取り、ミラー位置制御部403に出力し、ミラー位置制御部403では、その位置をビームの端として、そのレーザ光のビーム径を決定する。ミラー位置制御部403は、決定したビーム径に基づいてパルスモータ駆動台120cを駆動するための演算を行い、その結果に基づいた信号をパルスモータ駆動台駆動部404に出力する。パルスモータ

微動台駆動部 404 は、入力された信号に基づいて、パルスモータ微動台 120c を駆動させるための駆動電圧を発生してパルスモータ微動台 120c を X 軸方向に移動させることで、移動調整部 120a を介してパルスモータ微動台 120c に固定された可動ミラー 103 も移動され、その位置が制御される。この制御の各処理について、図 6 のフローチャートを参照して詳しく説明する。以下、フローチャートの各ステップを「S」と略記する。

【0049】図 6 に示すように、網膜走査型ディスプレイ 1 では図示外の入力手段によって「虚像提示位置の設定値 R を入力」がなされる（S1）。虚像提示位置の設定値 R とはあらかじめ定められた波面曲率半径の初期値であり、通常、波面曲率半径が無限度となる値を初期値として用いるが、この場合は数値計算上、無限度とみなされるしきい値が入力される。次に、ミラー位置制御部 403 は、「あらかじめ設定された計算式もしくはテーブルに基づき、設定値 R からミラーの位置 Z を求める」（S2）。個々の光学系には個体差があり、多少の誤差が発生する。しかし、基準となる光学系を用いて、あらかじめ、初期状態におけるミラー 104 の反射面 104a と凸レンズ 102 との点と点との位置関係に基づくミラー 104 の位置 Z と、設定値 R と関係が定められている。これに基づいて R と Z との関係式、もしくは R と Z との関係に基づくテーブルが設定されており、S4以降の各ステップにおける誤差修正のためのループ動作を低減させるために、ミラー位置制御部 403 では、初期状態のミラー 104 の位置 Z が S2 において求められる。さら\*

$$R1 = r1 (L1 + L2 - f) / (r1 - r0) \dots (1)$$

$$R2 = R1 + (L3 - L2) \dots (2)$$

数式（1）で求められた見かけ上の発光点 125 からライン CCD センサ 401 までの光路長、すなわち波面曲率半径 R1 が数式（2）に代入され、数式（2）では、観察者の瞳孔 24 の位置での波面曲率 R2 が導き出される。

【0051】次に、ミラー位置制御部 403 は、「設定値 R と実測値 R2 とを比較する」ことを行い（S7）、 $R2 < R + \delta R \dots (3)$

でない場合、（S7:NO）、「パルスモータによりミラーを 1 ステップだけレンズ側へ移動」する（S9）。ここで、 $\delta R$  とは、波面曲率半径の設定値 R からのずれの許容値を示し、この許容値によって、瞳孔 24 の位置におけるレーザ光の波面曲率半径の誤差または精度が決まる。すなわち、レーザ光の波面曲率半径の実測値 R2 が設定値 R より大きい場合は、レーザ光のビームの広がり初期値より小さいことを意味し、凸レンズ 102 と可動ミラー 103 との間の距離が短い状態であるので、ミラー位置制御部 403 はパルスモータ微動台駆動部 404 に信号を出し、パルスモータ微動台 120c に駆動電圧を印加させ可動ミラー 103 と凸レンズ 102 との

\* に、ミラー位置制御部 403 は、S2 の結果に基づき、パルスモータ微動台駆動部 404 に制御信号を出力する。パルスモータ微動台駆動部 404 はこの制御信号に基づいてパルスモータ微動台 120c を駆動させる駆動電圧を発生し、パルスモータ微動台 120c に印加する。そして、パルスモータ微動台 120c は「パルスモータによりミラーを位置 Z2 まで移動」させる（S3）。すなわち、ミラー 104 は初期位置 Z1 に移動される。

【0050】次に、CCD 出力読み取り部 402 が、  
10 「CCD 各素子の出力値を読み込む」（S4）。ライン CCD センサ 401 は、受光した +Y 方向へのレーザ光の光量を CCD 各素子によって読み取り、CCD 出力読み取り部 402 に出力する。CCD 出力読み取り部 402 は、その読み取った値をミラー位置制御部 403 に出力する。ミラー位置制御部 403 は、「CCD 各素子の出力値から光束のビーム半径 r1 を決定する」ため、どの CCD 素子でビームの端とみなす光量を得たかを CCD 出力読み取り部 402 の出力値に基づいて求め、この結果に基づいてビーム半径 r1 が決定される（S5）。  
20 ミラー位置制御部 403 では、波面曲率の調節用のレーザ光、すなわち入射光のビーム半径が r0 であるとして、この +Y 方向へ反射されたレーザ光の波面曲率 R1 と、観察者の瞳孔 24 の位置と光学的に共役な位置であるポリゴンミラー 19a の偏光面 19b での波面曲率 R2 がと演算される。すなわち、「下記の式から CCD 上での波面曲率半径 R1 および瞳孔 24 での波面曲率半径 R2 を計算する」ための演算がなされる（S6）。

間の距離が近づくように 1 ステップ分、パルスモータ微動台 120c を動作させる。そして、S4 に戻る。

【0052】S7 において、数式（3）が満たされた場合、すなわちレーザ光の波面曲率半径の実測値 R2 が設定値 R より小さい場合（S7:YES）、ミラー位置制御部 403 は、「設定値 R と実測値 R2 とを比較する」（S8）。そして、  
 $R2 > R - \delta R \dots (4)$

でない場合、（S8:NO）、「パルスモータによりミラーを 1 ステップだけレンズと反対側へ移動」する（S10）。すなわち、レーザ光の波面曲率半径の実測値 R2 が設定値 R より小さい場合は、レーザ光のビームの広がり初期値より大きいことを意味し、図 5 に示すように、凸レンズ 102 と可動ミラー 103 との間の距離が短い状態であるので、ミラー位置制御部 403 はパルスモータ微動台駆動部 404 に信号を出し、パルスモータ微動台 120c に駆動電圧を印加させ可動ミラー 103 と凸レンズ 102 との間の距離が離れるように 1 ステップ分、パルスモータ微動台 120c を動作させる。そして、S4 に戻る。

【0053】S8において、数式(4)が満たされた場合、すなわちレーザ光の波面曲率半径の実測値R2が設定値Rより大きい場合(S8:YES)、 $R2 = R \pm \delta R \cdots (5)$

となり、レーザ光の波面曲率半径が初期値の許容範囲内の値となったことを示し、ミラー位置制御部403は、可動ミラー103の位置Zが初期位置になったと判断し、処理を終了する。この状態において、図2に示す、本実施の形態における波面曲率変調手段100において、観察者によるネジ送り微動台120bの調整がなされたのと同様の効果を得られる。

【0054】また、図7に示す変形例は、波面曲率変調手段100のビームスプリッタ101の代わりに偏光ビームスプリッタ106を用いた場合の変形例である。図7に示すように、波面曲率変調手段100の偏光ビームスプリッタ106には、第2コリメート光学系18(図1参照)によって平行光にコリメートされたレーザ光が入射光として、+Y方向から入射される。

【0055】ところで、光は電磁波の一種であり、電磁波は電場と磁場の振動が伝播する現象である。真空中を伝わる電磁波は光速で伝播し、その電場と磁場の振動方向は互いに直交し、かつ進行方向に対し垂直な平面内にある平面波である。また、例えば白熱電球等から発せられる光の振動方向は任意の方向に様に分布しているのに対し、レーザ光の振動方向(以下、「偏光方向」という。)は単一方向である。

【0056】偏光ビームスプリッタ106は斜面106aに誘導体多層膜がコーティングされており、この斜面106aではXY平面に垂直な方向に偏光方向を有する光を反射し、XY平面と平行な方向に偏光方向を有する光が透過される。偏光ビームスプリッタ106に、XY平面に垂直な方向に偏光方向を有するレーザ光が+Y方向から入射した場合、斜面106aで-X方向に反射され、1/4波長板107に入射する。

【0057】ところで、1/4波長板107は入射する直線偏光の、直交する電界の間の位相差を1/4波長だけ変化させる光学素子であるが、所定方向に偏光方向を有する直線偏光を円偏光に変化させる。また、入射する円偏光を直線偏光に変化させる。

【0058】1/4波長板107に入射したレーザ光は、1/4波長板107によって直線偏光から円偏光に変化されて-X方向に出射され、入射した凸レンズ102によって凸レンズ102の焦点距離と同じ距離f離れた位置の可動ミラー103の反射面104aで集光される。さらに、レーザ光は、反射面104aで+X方向に反射され、入射した凸レンズ102によって平行光にコリメートされ、1/4波長板107に入射される。円偏光として1/4波長板107に入射したレーザ光は、1/4波長板107によってXY平面と平行な方向の直線偏光に変化され、偏光ビームスプリッタ106に対し出

射される。偏光ビームスプリッタ106の斜面106aは、入射したレーザ光がXY平面に対し平行な直線偏光であるのでこのレーザ光を透過する。そして、偏光ビームスプリッタ106を透過したレーザ光は、波面曲率変調手段100から出射光として+X方向に出射される。

【0059】また、図中には示していないが、可動ミラー103が+X方向に距離d移動され、ミラー104の反射面104aと凸レンズ102の主点との距離がf-dに変動された場合の波面曲率の変調の過程については、本実施の形態と同様である。この変形例において、偏光ビームスプリッタ106は、レーザ光の偏光方向に基づいて透過または反射を行うが、その場合の光量の損失が10%未満であるので、ビームスプリッタ101による約50%の光量の損失と比べ非常に少なく、波面曲率変調手段100における総合的な光量の損失は大幅に低減されるという効果がある。

【0060】さらに、1/4波長板107に回転機構130を設け、1/4波長板107を任意に回転できるようにした場合について図7乃至図9を参照して説明する。図8及び図9で示す1/4波長板107は、図7で示す2点鎖線A-A'における矢視方向からみた図であり、XY平面に垂直な方向をZ軸方向として説明する。レーザ光は、図7に示す+X方向から-X方向に向かって1/4波長板107に入射する。1/4波長板に入射する前のレーザ光(入射光)の偏光方向107aはXY平面に対して垂直方向で、図8及び図9においてはZ軸方向である。1/4波長板107に紙面の表面から入射したレーザ光(入射光)は、前述と同じように円偏光に変化されて反射面104aで反射された後、再度1/4波長板107に紙面の裏面から反射光として入射する。

【0061】図8で示すように、1/4波長板107は、図7に示す回転機構130による回転が行われていないため、第1光学軸107b、第2光学軸107cはY軸方向、Z軸方向に対して45°の傾きを持つ。この場合、紙面の裏側から1/4波長板107に円偏光として再入射するレーザ光(反射光)は、その偏光方向107eがY軸方向に変化され、1/4波長板107から、図7で示す+X方向に出射される。

【0062】また、図9で示すように、回転機構130(図7参照)によって1/4波長板107が回転され、その第1光学軸107b及び第2光学軸107cが、光軸107dを中心として反時計回りに角度θだけ回転された場合、第1光学軸107b、第2光学軸107cはY軸方向、Z軸方向に対して45°-θの傾きを持つ。この場合、紙面の裏側から1/4波長板107に円偏光として再入射するレーザ光(反射光)は、その偏光方向107eがY軸方向から角度2θ分、反時計回りに回転した方向に変化され、1/4波長板107から、図7で示す+X方向に出射される。

【0063】1/4波長板107から出射されたレーザ

光は、偏光ビームスプリッタ 106 に入射する。この場合、 $1/4$ 波長板 107 の回転角度  $\theta$  を調整することで、偏光ビームスプリッタ 106 の斜面 106a を通過するレーザ光の光量を変化させることができる。斜面 106a を通過しなかったレーザ光は、+Y 方向に反射され、ライン CCD センサ 401 によってその光量を検知することができるので、前述の場合と同様に波面曲率半径を求めることができ、位置調整手段 120 による可動ミラー 103 の位置の調整が可能である。

【0064】また、図 10 及び図 11 に示す変形例は、波面曲率変調手段 100 の可動ミラー 103 の代わりに可動多段ミラー 111 を用いた場合の変形例である。図 10 に示すように、波面曲率変調手段 100 のビームスプリッタ 101 には、第 2 コリメート光学系 18 (図 1 参照) によって平行光にコリメートされたレーザ光が入射光として、-Y 方向に入射される。ビームスプリッタ 101 では、入射したレーザ光の光量のうち約 50% が斜面 101a によって -X 方向に反射される。ビームスプリッタ 101 から -X 方向に射出されたレーザ光は凸レンズ 102 を通過し、凸レンズ 102 の主点から距離  $f$  の位置で焦点を結ぶようになっている。可動多段ミラー 111 は圧電アクチュエータ 113 によって Y 軸方向に変動可能になっており、可動多段ミラー 111 の多段ミラー 112 の反射面 112a、112c は、凸レンズ 102 を通過する光速の光軸が反射面 112a または 112c と直交するように可動多段ミラー 111 が移動した場合において、反射面 112a、112c と凸レンズ 102 の主点との距離がそれぞれ  $f$ 、 $f-d$  となるように設けられている。すなわち反射面 112c は反射面 112a より距離  $d$  だけ凸レンズ 102 に近い位置に設けられている。

【0065】凸レンズ 102 を -X 方向に通過したレーザ光は、距離  $d$  離れた反射面 112a 上で焦点を結び、反射面 112a によって +X 方向に反射される。反射されたレーザ光は、凸レンズ 102 の通過時と同く光路をたどり凸レンズ 102 に入射される。凸レンズ 102 は通過するレーザ光を平行光にコリメートし、ビームスプリッタ 101 に対して射出する。ビームスプリッタ 101 の斜面 101a は、入射したレーザ光の光量のうち約 50% を透過し、波面曲率変調手段 100 は、この透過されたレーザ光を平行光の射出光として +X 方向に射出する。

【0066】また、図 11 に示すように、反射面 112c が、凸レンズ 102 を通過するレーザ光の光軸と重なるように可動多段ミラー 111 が変動した場合、凸レンズ 102 を通過したレーザ光は反射面 112c 上で焦点を結ばず、反射面 112c によって +X 方向に反射され、反射面 112c から距離  $d$  の位置で焦点を結ぶ。この位置から凸レンズ 102 に再度入射するレーザ光は、凸レンズ 102 の主点から -X 方向の距離  $f-d$  の位

置から発せられる光と同じ広がり角度を持って凸レンズ 102 に入射する。凸レンズ 102 の焦点距離は  $f$  であるので、凸レンズ 102 はレーザ光を平行光にコリメートできず、X 軸方向において見かけ上の発光点 125 から発せられた光と同じ広がり角度を持つ拡散光として、ビームスプリッタ 101 に対して射出される。ビームスプリッタ 101 の斜面 101a は、入射したレーザ光の光量のうち約 50% を透過し、波面曲率変調手段 100 はこのレーザ光を射出光として +X 方向に射出する。

【0067】眼は波面曲率の違いを認識できるが、それほど敏感でもないので、波面曲率の変調は必ずしも無限遠から近距離まで連続的に行う必要はない。例えば、波面曲率の半径が 50 cm, 1 m, 3 m, 5 m, 無限遠と 5 段階程度の不連続な波面曲率の変調を行うだけでも、実質的に十分な効果を得ることができる。この変形例では、駆動回路 23 (図 1 参照) が可動多段ミラー 111 を Y 軸方向に移動させるのに 4 段階の電圧制御を行えばよく、回路を単純化できるという効果がある。

【0068】また、図 12 乃至図 14 に示す変形例は、図 1 における波面曲率変調手段 100 の可動ミラー 103 の代わりに可変焦点レンズ 301 を用いた場合の変形例である。図 12 に示すように、網膜走査型ディスプレイ 1 の波面曲率変調手段 300 は、可変焦点レンズ 301 と凸レンズ 302 とによって構成されている。また、可変焦点レンズ 301 には、本実施の形態と同様に、移動調整部 120a とネジ送り微動台 120b とからなる位置調整手段 120 が設けられており、観察者がネジ送り微動台 120b を操作して可変焦点レンズ 301 の位置を移動させることで、可変焦点レンズ 301 及び凸レンズ 302 の微妙な個体差による収差のばらつきを補正することができるようになっている。網膜走査型ディスプレイ 1 のその他の構成は、前述の本実施の形態の場合と同様の構成となっている。尚、可変焦点レンズ 301 が、本発明における焦点距離可変光学素子である。

【0069】次に、図 13 に示すように、波面曲率変調手段 300 の可変焦点レンズ 301 は、透明な流体 304 を 2 枚のダイヤフラム 303 の間に保持しており、駆動回路 23 (図 1 参照) からの駆動電圧が印加された圧電バイモルフ 305 が駆動してダイヤフラム 303 を変形させることによって、可変焦点レンズ 301 の焦点位置を変動させる。可変焦点レンズ 301 には、第 2 コリメート光学系 18 (図 1 参照) によって平行光にコリメートされたレーザ光が入射光として、-X 方向から入射される。可変焦点レンズ 301 の主点と凸レンズ 302 の主点との間の距離は位置調整手段 120 によって距離  $2f$  0 に固定されている。

【0070】可変焦点レンズ 301 の焦点距離  $f$  が凸レンズ 302 と同じ距離  $f$  0 になるように調整された場合、可変焦点レンズ 301 を通過したレーザ光は、可変焦点レンズ 301 の主点と凸レンズ 302 の主点との中

間で焦点を結び、凸レンズ302に対して-X方向の距離f0から+X方向に発せられた光として入射するので、凸レンズ302を通過するレーザ光は平行光にコリメートされる。波面曲率変調手段300は、この平行光にコリメートされたレーザ光を射出光として+X方向に射出する。

【0071】また、図14に示すように、圧電バイモルフ305の駆動によってダイヤフラム303が変動され、可変焦点レンズ301の焦点距離f1がf0より大きくするように調整された場合、-X方向より可変焦点レンズ301に入射したレーザ光は、可変焦点レンズ301を通過後、凸レンズ302の焦点距離f0より長い距離f1の位置で収束する。さらに、レーザ光は、凸レンズ302に対して-X方向の距離2f0-f1から+X方向に発せられた光、すなわち凸レンズ302の焦点距離f0より近い位置から発せられた光として入射する。この場合、焦点距離f0である凸レンズ302を通過したレーザ光は平行光にコリメートされず、波面曲率変調手段300は、このレーザ光を広がり角度を有する拡散光の射出光として+X方向に射出する。この広がり角度を有する拡散光は、見かけ上の発光点125から発せられたレーザ光と同じ波面曲率を持つ。この変形例では、ビームスプリッタ101を使用しないので、レーザ光の光量の損失を抑えることができ、また、質量の大きいレンズを稼働させないで、焦点距離変動タイミングの遅れ等が生じにくく、数十kHz程度の高速で変調を行うことができるという効果がある。

【0072】また、圧電アクチュエータ105、113及び圧電バイモルフ305は圧電方式に限定されず、静電方式、磁気方式等のアクチュエータを用いることができる。また、偏光ビームスプリッタ106と114波長板107とを可動多段ミラー111と組み合わせることで波面曲率変調手段100を構成することもできる。

#### 【0073】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1に係る発明の画像表示装置では、移動手段が光学素子を光束の光軸方向に移動することで、波面曲率変調手段に入射した光束の波面曲率を変調することができる。従って、光学素子の光軸方向の移動により観察者に遠近感のある画像を認識させることができるとともに、その光学素子の移動を高速に繰り返す場合には、より自然体の画像を観察者に認識させることができる。

【0074】また、請求項2に係る発明の画像表示装置では、請求項1に係る発明の効果に加え、1/4波長板は、光軸方向と直交する面上で回転させることができる。従って、観察者の瞳孔に入射する光量を1/4波長板の回転角によって容易に設定することができる。

【0075】また、請求項3に係る発明の画像表示装置では、請求項1又は2に係る発明の効果に加え、波面曲率変調手段は、位置調整手段によって移動手段とは別に

光学素子の位置を調整することができる。従って、観察者は位置調整手段を用いて適した焦点位置を容易に設定することができる。

【0076】また、請求項4に係る発明の画像表示装置では、光束の光軸方向に対して位置の異なる複数の反射面を有する光学素子によって、波面曲率変調手段に入射した光束の波面曲率を変調することができる。従って、位置の異なる反射面により観察者に遠近感のある画像を認識させることができるとともに、反射面の切り換えを高速に繰り返すことにより、より自然体の画像を観察者に認識させることができる。

【0077】また、請求項5に係る発明の画像表示装置では、形状もしくは物性値の変化にともない焦点距離が変動する焦点距離可変光学素子によって、波面曲率変調手段に入射した光束の波面曲率を変調することができる。従って、焦点距離可変光学素子による焦点距離の変動によって観察者に遠近感のある画像を認識させることができるとともに、焦点距離の変動を高速に繰り返すことにより、より自然体の画像を観察者に認識させることができる。

【0078】また、請求項6に係る発明の画像表示装置では、請求項4又は5に係る発明の効果に加え、波面曲率変調手段は、位置調整手段によって移動手段とは別に光学素子又は焦点距離可変光学素子の位置を調整することができる。従って、観察者は位置調整手段を用いて適した焦点位置を容易に調整することができる。

【0079】また、請求項7に係る発明の画像表示装置では、請求項3又は6に係る発明の効果に加え、位置調整手段は、光検出手段によって検出された光の位置に応じて光学素子又は焦点距離可変光学素子の位置を調整することができる。従って、観察者に適した焦点位置を自動的に調整することができる。

【0080】また、請求項8に係る発明の画像表示装置では、請求項1乃至7の何れかに係る発明の効果に加え、波面曲率変調手段を走査手段より光源側に配置し、走査手段上の光束が入射する位置と観察者の瞳孔位置とを光学的に共役の関係にすることができる。従って、波面曲率変調手段より射出された光束が観察者の瞳孔に入射するまでの光路上の距離に基づく波面曲率への影響を低減させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、網膜走査型ディスプレイ1の全体構成を示す全体構成図である。

【図2】図2は、波面曲率変調手段100によりレーザ光が変調される態様を示す模式図である。

【図3】図3は、波面曲率変調手段100によりレーザ光が変調される態様を示す模式図である。

【図4】図4は、入射光側の光路上にラインCCDセンサ401を設け、その出力値に基づいて位置調整手段200による可動ミラー103の基準位置の調整が自動で

行われるようにした変形例を示す図である。

【図5】図5は、入射光側の光路上にラインCCDセンサ401を設け、その出力値に基づいて位置調整手段120による可動ミラー103の基準位置の調整が自動で行われるようにした変形例を示す図である。

【図6】図6は、ラインCCDセンサ401の出力値に基づいて行われる位置調整手段120の移動の制御を示すフローチャートである。

【図7】図7は、ビームスプリッタ101の代わりに偏光ビームスプリッタ106を用いた場合の波面曲率変調手段100の変形例を示す図である。

【図8】図8は、 $1/4$ 波長板107を通してレーザー光の偏光方向について説明するための模式図である。

【図9】図9は、回転された $1/4$ 波長板107を通してレーザー光の偏光方向について説明するための模式図である。

【図10】図10は、可動ミラー103の代わりに可動多段ミラー111を用いた場合の波面曲率変調手段100の変形例を示す図である。

【図11】図11は、可動ミラー103の代わりに可動多段ミラー111を用いた場合の波面曲率変調手段100の変形例を示す図である。

【図12】図12は、可動ミラー103の代わりに可変焦点レンズ301を用いた場合の網膜走査型ディスプレイ1の全体構成を示す全体構成図である。

【図13】図13は、可動ミラー103の代わりに可変\*

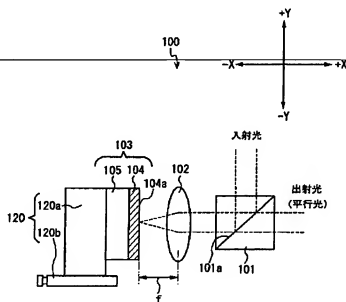
\* 焦点レンズ301を用いた場合の変形例を示す図である。

【図14】図14は、可動ミラー103の代わりに可変焦点レンズ301を用いた場合の変形例を示す図である。

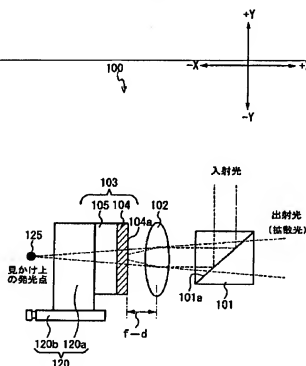
【符号の説明】

- 1 網膜走査型ディスプレイ
- 19 水平走査系
- 20 第1リレー光学系
- 21 垂直走査系
- 22 第2リレー光学系
- 24 瞳孔
- 100 波面曲率変調手段
- 101 ビームスプリッタ
- 102 凸レンズ
- 103 可動ミラー
- 104 ミラー
- 105 圧電アクチュエータ
- 106 偏光ビームスプリッタ
- 107  $1/4$ 波長板
- 111 可動多段ミラー
- 120 位置調整手段
- 130 回転機構
- 301 可変焦点レンズ
- 401 ラインCCDセンサ

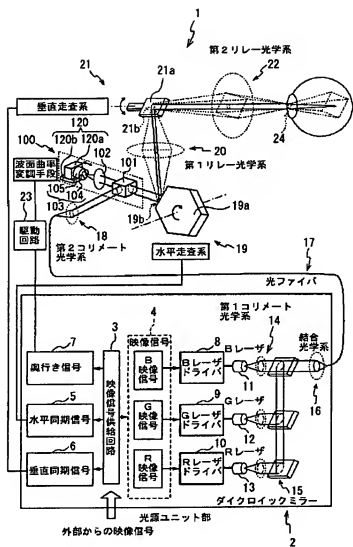
【図2】



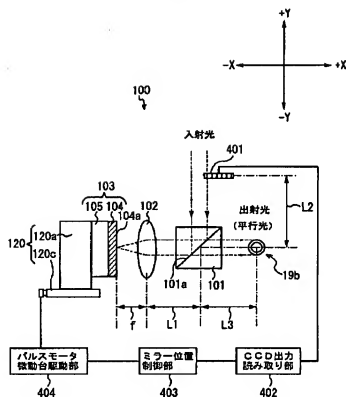
【図3】



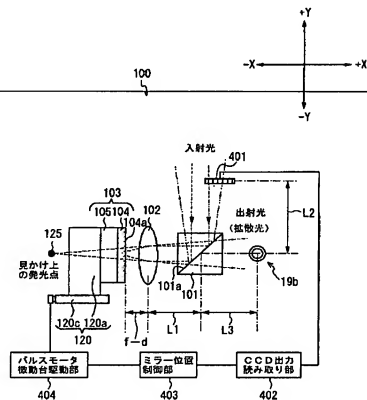
【図1】



【図4】

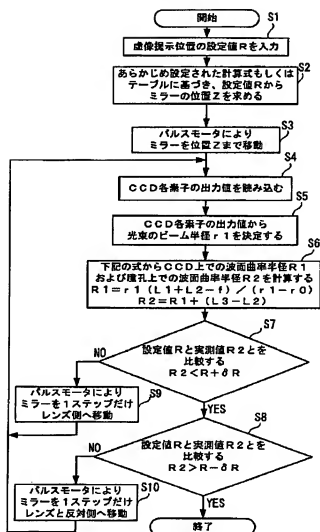


【図5】

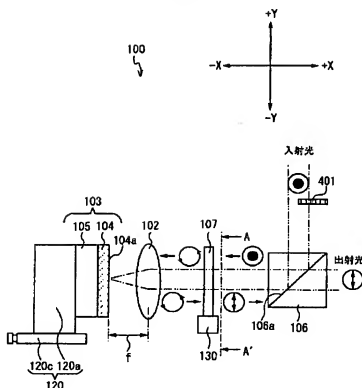




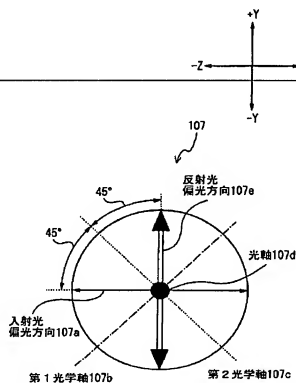
【図6】



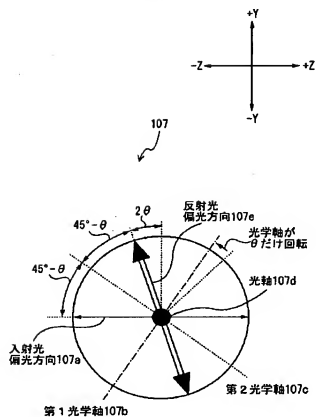
【図7】



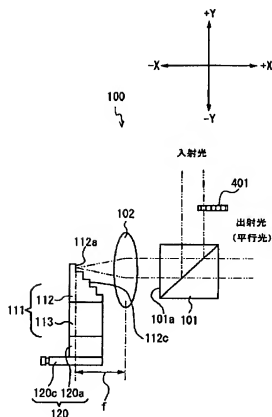
【図8】



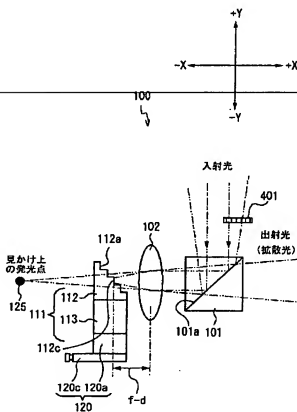
【図 9】



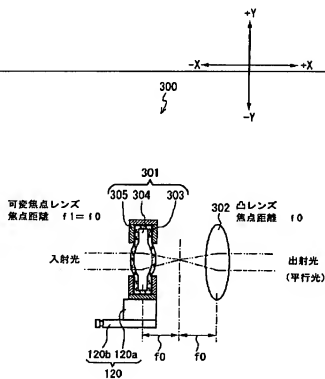
【図 10】



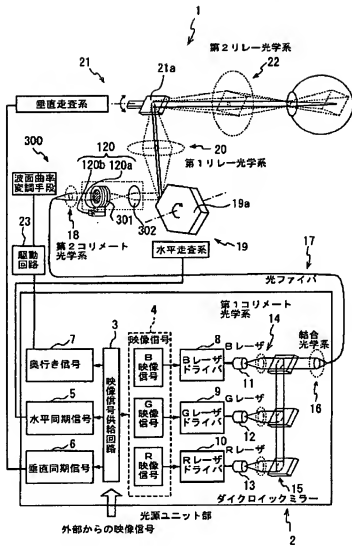
【図 11】



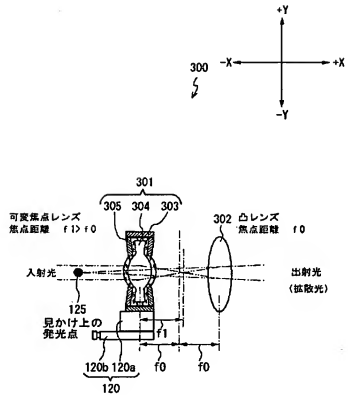
【図 13】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H041 AA23 AB14 AC01 AZ02 AZ05  
 2H045 AA01 AB01 BA20 BA24 BA32  
 CB01 DA02 DA12 DA15

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**